


(주)지학사

**집필**

**총론**

최은정(이화여자대학교 겸임교수)

**각론**

Ⅰ 전기와 자기
조봉제(송파공업고등학교 교사)
전병희(현대고등학교 교사)
남경식(세종과학고등학교 교사)

Ⅱ 화학 반응에서의 규칙성
황성용(한성과학고등학교 교사)
노동규(인창고등학교 교사)

Ⅲ 태양계
박래원(노일중학교 교사)
신석주(구일고등학교 교사)

Ⅳ 생식과 발생
김규태(서울과학고등학교 교사)

Ⅴ 여러 가지 화학 반응
김영호(신목고등학교 교사)
어진영(서울과학고등학교 교사)

Ⅵ 유전과 진화
백승용(서울과학고등학교 교사)

Ⅶ 외권과 우주 개발
신석주(구일고등학교 교사)
권오성(독산고등학교 교사)

Ⅷ 과학과 인류 문명
공동 집필


35억 년 전 지구 상에 처음 나타난 생명체는 오랜 시간 진화를 거듭하면서 현재와 같은 다양한 생물체가 되었다. (교과서 286쪽)

# 머리말

2009 개정 교육과정의 '중학교 과학'은 자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 해결할 줄 아는 과학적 소양을 기르는 것을 목표로 한다. 따라서 본 지도서는 단편적인 과학 지식의 전수를 지양하는 대신에 학습자들의 창의성과 인성 함양을 견인하도록, 선생님들이 수업 시 필요한 내용들로 다음과 같이 구성하였다.

__총론: 2009 개정 교육과정의 성격과 목표, 중학교 1~3학년군의 성취 기준과 탐구 활동을 원문으로 실어, 개정 교육과정에 대한 선생님들의 이해에 도움이 되도록 하였다. 특히, 연간 지도 계획안과 참고 문헌 목록과 용어 일람표를 수록하여, 선생님들이 진도 구상 및 수업 준비에 활용할 수 있도록 하였다.

__각론: 대단원의 머리 부분에는 단원의 개관과 단원 학습 위계를 제시하여 대단원의 흐름을 한눈에 파악할 수 있도록 하였고, 각 소단원별로 학습 내용 안내, 학습 전개, 찾아보기를 통해 그 단원에서 학습하게 될 주요 내용을 개괄적으로 소개하였고, 관련 지식, 학습 자료실, 과학 돋보기 등의 다양한 코너를 운용하였다. 또한 참고 자료, 효과적인 수업을 위한 Tip은 현장의 목소리를 반영한 것으로 실제 수업에 활용할 만한 내용들로만 엄선하여 구성하였다. 대단원 마무리 문제에 대한 해설에 뒤이어 대단원 평가문항 예시를 두어, 선생님들이 학교 시험 출제에 참고할 수 있도록 하였다.

이에 본 지도서가 새로운 세대를 위한 과학 교육의 길잡이 역할을 하기를 바라며, 선생님들의 각별한 노력에 부응하여 우수한 과학 인재들이 대거 배출되기를 기대하는 바이다.

지은이

# 차례

## ① 총론



## ② 각론



## ③ 부록




# 총론








# I 2009 개정 교육과정

이 교육과정은 2009년 12월 23일에 교육과학기술부 고시 제2009－41로서, 중등학교의 교육 목적과 교육 목표를 달성하기 위한 국가 수준의 교육과정이며, 중등학교에서 편성 · 운영하여야 할 학교 교육과정의 공통적, 일반적인 기준을 제시한 것이다. 이 교육과정의 성격은 다음과 같다.

(1) 국가 수준의 공통성과 지역, 학교, 개인 수준의 다양성을 추구하는 교육과정이다.
(2) 학습자의 자율성과 창의성을 신장하기 위한 학생 중심의 교육과정이다.
(3) 교육청과 학교, 교원 · 학생 · 학부모가 함께 실현해 가는 교육과정이다.
(4) 학교 교육 체제를 교육과정 중심으로 개선하기 위한 교육과정이다.
(5) 교육의 과정과 결과의 질적 수준을 유지, 관리하기 위한 교육과정이다.

## 01 추구하는 인간상

우리나라의 교육은 홍익인간의 이념 아래 모든 국민으로 하여금 인격을 도야하고, 자주적 생활 능력과 민주 시민으로서 필요한 자질을 갖추게 하여 인간다운 삶을 영위하게 하고, 민주 국가의 발전과 인류 공영의 이상을 실현하는 데 이바지하게 함을 목적으로 하고 있다.

이러한 교육 이념을 바탕으로, 이 교육과정이 추구하는 인간상은 다음과 같다.

(1) 전인적 성장의 기반 위에 개성의 발달과 진로를 개척하는 사람
(2) 기초 능력의 바탕 위에 새로운 발상과 도전으로 창의성을 발휘하는 사람
(3) 문화적 소양과 다원적 가치에 대한 이해를 바탕으로 품격 있는 삶을 영위하는 사람
(4) 세계와 소통하는 시민으로서 배려와 나눔의 정신으로 공동체 발전에 참여하는 사람

## 02 교육과정 구성의 방침

추구하는 인간상을 구현하기 위한 교육과정 구성의 방침은 다음과 같다.

(1) 배려와 나눔을 실천하는 창의적인 인재를 기를 수 있도록 교육과정을 구성한다.
(2) 초등학교 1학년부터 중학교 3학년까지 공통 교육과정과 고등학교 1학년부터 3학년까지 선택 교육과정으로 편성한다.
(3) 교육과정의 편성 · 운영의 경직성을 탈피하고, 학년 간 상호 연계와 협력을 통한 학교 교육과정 편성 · 운영의 유연성을 부여하기 위하여 학년군을 설정한다.
(4) 공통 교육과정의 교과는 교육 목적상의 근접성, 학문 탐구 대상 또는 방법상의 인접성, 생활 양식에서의 연관성 등을 고려하여 교과군으로 재분류한다.

(5) 선택 교육과정에서는 학생들의 기초 영역 학습 강화와 진로 및 적성 등을 감안한 적정 학습이 가능하도록 4개의 교과 영역으로 구분하고, 필수 이수 단위를 제시한다.
(6) 학기당 이수 교과목 수 축소를 통한 학습 부담의 적정화와 의미 있는 학습 활동이 전개될 수 있도록 집중 이수를 확대한다.
(7) 기존의 재량 활동과 특별 활동을 통합하여 배려와 나눔의 실천을 위한 '창의적 체험 활동'을 신설한다.
(8) 학교 교육과정 평가, 교육 평가의 개선, 국가 수준의 학업 성취도 평가 실시 등을 통해 교육과정 질 관리 체제를 강화한다.

## 03 중학교 과학과 학습 목표

중학교의 교육은 초등학교 교육의 성과를 바탕으로, 학생들의 학습 능력과 일상생활에 필요한 기본 능력을 배양하며, 다원적인 가치를 수용하고 존중하는 민주 시민의 자질 함양에 중점을 둔다. 또 자연 현상과 사물에 대한 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결 능력을 길러 일상생활의 문제를 해결할 줄 아는 과학적 소양을 기르는 데 있다.
(1) 자연 현상을 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해한다.
(2) 자연 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
(3) 자연 현상에 대한 흥미와 호기심을 갖고, 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
(4) 과학, 기술, 사회의 관계를 인식한다.

### 편제와 시간 배당 및 운영 중점

(1) 교과군은 국어, 사회(역사 포함)/도덕, 수학, 과학/기술 · 가정, 체육, 예술(음악/미술), 영어, 선택으로 한다.

| 구 분 | | 1~3학년 |
|---|---|---|
| 교과군 | 국어 | 442 |
| | 사회(역사 포함)/도덕 | 510 |
| | 수학 | 374 |
| | 과학/기술 · 가정 | 646 |
| | 체육 | 272 |
| | 예술(음악/미술) | 272 |
| | 영어 | 340 |
| | 선택 | 204 |
| | 창의적 체험 활동 | 306 |
| 총 수업 시간 수 | | 3,366 |

* 학년군과 교과군 개념을 도입하고, 1시간 수업은 45분을 원칙으로 한다. 기후 및 계절, 학생의 발달 정도, 학습 내용의 성격 등과 학교 실정을 고려하여 탄력적으로 편성 · 운용할 수 있다.
* 학교군 및 교과군별 시간 배당은 연간 34주를 한 3년간의 기준 수업 시수를 나타내며, 총 수업 시간 수는 3년간의 최소 수업 시수이다.
* 선택 과목은 한문, 정보, 환경, 생활 외국어, 보건, 진로와 직업 등이고, 학기당 이수 과목 수를 8개 이하로 편성한다.

(2) 학교는 학생들이 이수해야 할 3년간의 교과목을 학년별, 학기별로 편성하여 안내한다.
(3) 교과군의 이수 시기와  수업 시수는 학교가 자율적으로 결정할 수 있다.

(4) 학생의 특성, 학생 · 교사 · 학부모의 요구 및 필요에 따라 학교가 자율적으로 교과군 수업 시수를 20 % 범위 내에서 증감하여 운영할 수 있다.

(5) 교육 효과를 높이기 위하여 학생이 이수해야 할 학기당 이수 교과목 수를 8개 이내로 편성하도록 한다.

## 04 중학교 과학과 내용 체계

과학의 내용은 '물질과 에너지'와 '생명과 지구'의 2개 분야로 구성하되, 기본 개념과 탐구 과정이 학년군과 분야 간에 연계되도록 한다. 그리고 과학을 기술, 공학, 예술, 수학 등 다른 교과와 관련지어 통합적이고 창의적으로 사고할 수 있는 능력을 신장시키도록 한다. 과학에서는 학생 수준에 따라 관찰, 실험, 조사, 토론 등 다양한 탐구 활동 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 개별 활동뿐만 아니라 모둠 활동을 통해 비판성, 개방성, 정직성, 객관성, 협동성 등 과학적 태도와 의사소통 능력을 기르도록 한다.

과학의 기본 개념을 학습자의 경험과 친근한 상황 속에서 지도하고, 학습한 지식과 탐구 방법으로 과학적 문제나 사회 문제를 적극적으로 해결하려는 태도를 길러 과학이 기술의 발달과 우리 사회에 영향을 미치며 이들이 상호 관련되어 있음을 인식할 수 있도록 한다.

| 학년군<br>분야 | 중학교 1~3학년군 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 물질과 에너지 | 과학이란? | • 힘과 운동<br>• 열과 우리 생활<br>• 분자 운동과 상태 변화 | • 물질의 구성<br>• 빛과 파동<br>• 물질의 특성<br>• 일과 에너지 전환 | • 전기와 자기<br>• 화학 반응에서의 규칙성<br>• 여러 가지 화학 반응 | 과학과 인류 문명 |
| 생명과 지구 | | • 지구계와 지권의 변화<br>• 광합성<br>• 수권의 구성과 순환 | • 기권과 우리 생활<br>• 소화 · 순환 · 호흡 · 배설<br>• 자극과 반응 | • 태양계<br>• 생식과 발생<br>• 유전과 진화<br>• 외권과 우주 개발 | |

## 05 중학교 1~3학년군 성취 기준

(1) 기초 탐구 능력의 바탕 위에 통합 탐구 과정이 포함된 탐구 활동을 통하여 종합적인 과학 탐구 능력을 기른다.

(2) '과학이란?' 영역을 통하여 과학에 대한 흥미와 호기심을 갖고, 과학을 학습하려는 태도를 기른다.

(3) '물질과 에너지' 분야에서는 힘과 운동, 열과 우리 생활, 분자 운동과 상태 변화, 물질의 구성, 빛과 파동, 물질의 특성, 일과 에너지 전환, 전기와 자기, 화학 반응에서의 규칙성, 여러 가지 화학 반응으로 물질과 에너지의 주요 과학 개념을 이해한다.

(4) ‘생명과 지구’ 분야에서는 지구계와 지권의 변화, 광합성, 수권의 구성과 순환, 기권과 우리 생활, 소화 · 순환 · 호흡 · 배설, 자극과 반응, 태양계, 생식과 발생, 유전과 진화, 외권과 우주 개발의 주요 과학 개념을 이해한다.

(5) ‘과학과 인류 문명’ 영역에서는 과학의 발전이 인류에 미치는 영향과 과학 원리가 첨단 과학기술에 응용된 사례를 알고, 과학과 과학 이외의 분야와의 관계를 이해한다.

## 06 중학교 1~3학년군 세부 내용

(1) 과학이란?

이 영역은 중학교 1~3학년군 과학의 도입 단원으로서, 학생들이 과학에 흥미와 관심을 갖게 한다. 과학이 우리 생활과 밀접한 관련을 가지고 있음을 알게 하고, 미래의 직업 선택에 유용한 정보를 제공한다.

과학이 우리 생활과 밀접한 관련이 있는 문제를 해결해 온 사례를 통하여 과학에 대한 관심과 흥미를 높이고 유용성을 이해하게 한다. 과학 관련 직업의 종류를 조사하고 과학이 직업 선택과 우리 생활에 미치는 영향을 알게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 관심과 흥미 있는 사례를 통하여 과학의 유용성을 이해한다.
② 과학이 우리 생활에 많은 영향을 미치고 있음을 안다.

**탐구 활동**

(가) 과학 관련 직업 조사하기
(나) 과학이 우리 생활에 미치는 영향 조사하기

(2) 지구계와 지권의 변화

이 영역에서는 지구계의 정의와 지구계를 구성하는 요소를 다룬다. 지구는 하나의 계이며, 지구계 내의 생명체도 계의 상호 작용으로 유지됨을 아는 것은 지구계와 지구에서 살아가는 생명체가 유지되는 원리를 이해하게 되는 기본적인 과정이다.

과학 교과에서 다루는 순환계, 생태계, 소화계 등 여러 가지 계를 학습하여 지구계 및 지구계의 구성 요소와 특징을 알게 한다. 또한 지구계 각 권들의 상호 작용을 알고, 에너지와 물질의 순환이 관련되어 있음을 이해하게 한다. 특히 지구계의 구성 요소 중 지권의 특징에 대해 알고, 지진과 화산 활동 등 지권의 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 바르게 이해하고 지구 환경 변화에 대한 대책 수립의 필요성을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군 ‘지구와 달’, ‘화산과 지진’, ‘지층과 화석’과 연계된다.

이 영역에서는 지구계의 정의와 개념을 간단히 다루며, 판 구조론을 과학사적 관점에서 학습하게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 지구계의 정의를 알고 과학 교과에서 다루는 계와 관련된 내용(순환계, 생태계, 소화계 등)을 이해한다.
② 지구계의 구성 요소가 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권임을 알고 각 권의 특징과 지구계 내에서 물질과 에너지 순환이 일어남을 안다.
③ 지권은 다양한 암석과 광물로 구성되어 있으며, 지권을 이루고 있는 물질은 순환하고 있음을 이해한다.
④ 광물과 암석이 우리 생활의 여러 분야에 다양하게 이용되고 있음을 안다.
⑤ 지진파를 이용하여 지구 내부의 층상 구조에 대해 탐사하는 방법을 알고, 각 층의 특징을 이해한다.
⑥ 판 구조론의 발달 과정을 과학사적 관점에서 이해하고, 판의 운동과 지진, 화산 활동을 연계하여 설명한다.
⑦ 지진이나 화산 활동을 포함한 지구 환경의 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 이해하고 대책을 안다.

**탐구 활동**

(가) 광물과 암석 관찰하고 분류하기
(나) 지구 내부 구조 탐사 방법 조사 및 지구 내부 모형 만들기
(다) 지구계의 구성 요소와 각 권의 상호 작용 사례 조사하기

(3) 힘과 운동

이 영역에서는 힘과 운동 및 이들의 관계를 다룬다. 힘과 운동을 다양한 상황에서 과학적으로 설명하고 '힘과 운동'에서의 과학 용어가 일상생활에서 사용되는 힘의 용어와 그 쓰임새가 다름을 아는 것이 중요하다.

물체의 직선 운동에서는 속력이 일정한 운동과 속력이 일정하게 증가하거나 감소하는 운동을 다룬다.

이 영역의 학습을 통하여 힘은 두 물체 사이의 상호 작용임을 알게 하고, 상호 작용에는 접촉에 의한 상호 작용과 멀리 떨어져 있는 물체 사이의 상호 작용이 있음을 알게 한다. 또한 중력, 탄성력, 마찰력, 전기력, 자기력 등을 다루며 각각의 특징에 대하여 알고, 이러한 힘들이 물질, 생명, 지구와 우주에서 일어나는 많은 현상에 작용하고 있음을 알게 한다.

나란하게 작용하는 두 힘과 나란하지 않게 작용하는 두 힘의 합력을 구할 수 있으며, 물체에 작용하는 알짜힘과 운동의 관계를 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '물체의 빠르기'에서 학습한 물체의 운동 모습의 정성적 관찰과 여러 가지 방법으로 비교한 물체의 빠르기 개념과 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 힘은 두 물체 사이의 상호 작용임을 이해하고, 접촉에 의한 상호 작용뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 물체 사이의 상호 작용이 있음을 안다.
② 중력, 탄성력, 마찰력, 전기력, 자기력 등 여러 가지 힘의 특징을 알고 이들이 주변의 현상을 이해하는 데 어떻게 활용되는지 이해한다.
③ 한 물체에 작용하는 두 힘의 합력을 구할 수 있고 알짜힘을 안다.
④ 거리 – 시간, 속력 – 시간 그래프를 해석하여 물체의 운동을 설명할 수 있다.
⑤ 물체의 운동을 관찰하여 힘의 작용에 대하여 알고, 이를 통하여 힘과 운동의 관계를 안다.

**탐구 활동**

(가) 탄성력의 세기 측정하기
(나) 힘의 합력을 구하고 화살표를 이용하여 나타내기
(다) 동영상을 이용하여 낙하하는 물체의 운동 분석하기
(라) 빠르기의 변화가 일정한 물체에 작용하는 알짜힘 구하기

(4) 광합성

이 영역은 식물 세포의 구조를 알고 동물 세포와 비교하여 식물 세포의 특징을 이해하며, 뿌리, 줄기, 잎 등의 식물 기관은 식물 세포들의 유기적 구성으로 이루어져 있고, 그 구조적 특징이 식물의 광합성과 관련되어 있음을 이해시키기 위해 설정되었다.

식물은 동물과 달리 광합성을 하여 스스로 양분을 합성할 수 있음을 알게 한다. 광합성은 잎의 기공을 통해 들어온 대기 중의 이산화 탄소와 뿌리에서 흡수한 물을 이용하여 에너지원을 만드는 과정으로, 식물 세포 내 엽록체에서 일어남을 알게 한다. 광합성 결과 잎에서 만들어진 양분은 이동하기에 알맞은 형태로 전환되어 식물체 전체로 이동하여 저장되고 사용됨을 알게 한다. 식물도 생명체이므로 호흡을 하며, 호흡에 필요한 물질과 호흡의 결과 생겨나는 물질이 광합성과는 반대임을 이해하게 한다.

이 영역은 현미경 사용법과 식물의 뿌리, 줄기, 잎의 구조를 학습한 초등학교 5~6학년군 '식물의 구조와 기능'과 연계된다.

이 영역에서는 식물의 구조와 기능의 연관성을 기능 중심으로 이해하도록 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 식물 세포와 동물 세포의 구조를 비교하여 식물 세포의 특징을 안다.
② 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 모여 기관을 이루는 식물체의 유기적 구성 단계를 안다.
③ 식물 뿌리에서의 물과 무기 양분의 흡수, 줄기에서의 물과 양분의 이동 그리고 잎의 증산 작용 등을 광합성과 관련지어 이해한다.

④ 광합성이 일어나는 장소, 광합성에 필요한 물질과 광합성으로 생성되는 물질을 안다.
⑤ 광합성 결과 생긴 양분의 전환, 이동, 저장, 사용 과정을 이해한다.
⑥ 식물의 호흡과 광합성의 관계를 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 관다발 관찰하기
(나) 잎의 구조 관찰하기
(다) 광합성에 영향을 미치는 환경 요인 알아보기
(라) 광합성에 영향을 미치는 조건 탐구하기

(5) 열과 우리 생활

이 영역에서는 온도와 열을 다룬다. 온도는 질량, 시간, 길이와 같은 기본적인 물리량이다. 또 열은 온도와 관련되어 체온 유지, 실내의 냉난방, 폐열의 이용, 지구 온난화 등 우리 주변의 여러 가지 열 현상을 이해하는 데 필수적인 개념으로 과학에서 중요하게 다루고 있다.

온도는 분자 운동 모형을 통하여 물체의 차갑고 뜨거운 정도를 나타내는 물리량이며, 두 물체의 온도가 같으면 열의 이동이 없는 열평형 상태에 있음을 알게 한다. 열의 이동 방법에는 전도, 대류, 복사가 있고 일상생활에서 열의 이동이 어떻게 이용되는지 알게 한다. 또한 물질마다 비열과 열팽창 정도가 다름을 알고 이를 일상생활에 적용하게 한다. 아울러 우리 생활에서 열에너지와 관련된 다양한 예를 찾을 수 있게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '온도와 열'과 연계되며, 중학교 1~3학년군의 '분자 운동과 상태 변화'로 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 온도를 분자 운동 모형으로 이해하고, 온도가 우리 생활에 미치는 영향을 안다.
② 물체 사이의 온도가 다르면 열평형 상태에 도달할 때까지 열의 이동이 일어남을 이해한다.
③ 열의 이동 방법에는 전도, 대류, 복사가 있음을 알고 각각의 특징을 안다.
④ 물체에 따라 비열과 열팽창 정도가 다름을 알고, 이를 활용한 예를 안다.
⑤ 냉난방 기구 사용, 주방 기구 사용, 단열과 폐열의 활용, 지구 온난화 같은 일상생활에서 열에너지와 관련된 사례를 열의 이동 방법과 관련지어 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 액체와 고체에서 열의 이동 관찰하기
(나) 질량이 같은 두 물체의 비열 비교하기
(다) 효율적인 단열재 찾기

⑹ 분자 운동과 상태 변화

이 영역에서는 기체 분자의 운동에 따른 현상과 상태 변화에서 관찰되는 여러 특성을 분자적 관점에서 다룬다. 기체는 압력 및 온도 변화에 따라 분자 운동이 달라지고 이에 따라 부피가 변한다. 이러한 개념은 고압 기체의 저장, 열기구, 기상 현상 등 우리 주변에서 일어나는 현상들을 이해하는 데 필요하다.

분자가 운동하고 있음을 이해하고, 현상적으로 관찰되는 온도 및 압력 변화에 따른 기체의 부피 변화가 분자의 운동 상태 변화에 따른 분자의 배열 변화로 나타나는 것임을 알게 한다.

액화 – 기화, 융해 – 응고, 승화의 상태 변화 특성을 물리적 변화로서 이해하게 한다. 상태에 따른 분자 배열의 차이를 입자적 관점에서 설명하고, 배열의 차이와 상태 변화에서 출입하는 열에너지가 관계가 있음을 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '물의 상태 변화'와 5~6학년군의 '온도와 열', '용해와 용액', '여러 가지 기체'의 후속 학습이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 증발 또는 확산 현상을 통하여 분자가 운동하고 있음을 알고, 모형을 이용하여 분자 운동을 설명한다.
② 압력과 기체의 부피의 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아내고, 압력 변화에 따른 기체 분자의 배열 및 운동 상태 변화를 분자 모형으로 설명한다.
③ 온도와 기체의 부피의 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아내고, 온도 변화에 따른 기체 분자의 배열 및 운동 상태 변화를 분자 모형으로 설명한다.
④ 여러 가지 물질의 융해, 응고, 액화, 기화, 승화 현상을 관찰하고, 상태 변화가 물리적 변화임을 안다.
⑤ 상태 변화에서 관찰되는 현상적 변화를 분자 모형을 이용하여 분자 배열의 차이로 설명한다.
⑥ 상태 변화 과정에서 온도 변화를 측정하고, 이로부터 상태 변화와 열에너지와의 관계를 이해한다.
⑦ 상태에 따른 분자 배열의 차이와 열에너지의 관계를 분자 운동으로 설명한다.

**탐구 활동**

(가) 증발 및 확산 등을 통하여 분자가 운동하고 있음을 탐구하기
(나) 압력과 기체의 부피 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아보기
(다) 온도와 기체의 부피 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아보기
(라) 상태가 변할 때 나타나는 현상을 관찰하여 상태 변화 특성 탐구하기
(마) 상태 변화와 열에너지의 관계 알아보기

⑺ 수권의 구성과 순환

이 영역에서는 지구계의 구성 요소인 수권의 분포와 물이 인간이 살아가는 데 소중한 자원임을 다룬다. 물은 인체를 구성하는 주요한 성분이고, 지구 표면의 약 70 %를 차지하고 있으며 지구 환경의 변화에 많은 영향을 주고 있다.

수권은 해수와 담수로 나눌 수 있으나, 이 영역에서는 빙하와 지하수까지 구분하여 자원으로서의 물과 지구 환경에 영향을 주는 물의 역할을 다룬다.

해수의 물리적 특성과 이에 영향을 주는 요인에 대해 알고 해수의 표층 순환과 심층 순환의 생성 원리와 해수 순환의 기능을 알게 한다. 또 우리나라 주변의 해류와 해양 자원의 가치를 해양 산업과 연계하여 알게 한다. 이 영역을 통하여 빙하의 형성과 분포, 물리적 특성에 대해 알고 빙하 연구가 기후 변화 해석에 활용될 수 있음과 인간 활동으로 인해 수권에 생기는 변화와 기후 변화와의 관계를 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '지구와 달', '지표의 변화'와 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 지구계의 구성 요소인 수권은 담수와 해수, 빙하, 지하수로 이루어짐을 알고, 물이 소중한 자원임을 이해한다.
② 지구계의 구성 요소로서 빙하를 이해하고, 빙하의 형성과 분포, 물리적 특성을 알고, 이를 기후 변화 해석 등에 활용할 수 있음을 이해한다.
③ 염분에 영향을 주는 요인을 알고 염분비 일정 법칙을 이해한다.
④ 깊이에 따른 해수 온도 분포를 이해하고, 깊이에 따라 혼합층, 수온 약층, 심해층으로 구분됨을 안다.
⑤ 해수 순환의 원리와 순환의 기능에 대해 알고, 우리나라 주변 해류의 종류와 특성에 대해 이해한다.
⑥ 해양 자원의 소중함을 알고 인간 활동이 해양에 미치는 영향과 해양 보존의 방안에 대해 안다.

**탐구 활동**

(가) 빙하 연구 결과를 해석하고 기후 변화와의 관계 알아보기
(나) 해수의 수온 연직 분포 실험하기
(다) 수온과 염분의 차이에 따른 순환의 원리 알아보기
(라) 우리 생활에서 해양 자원을 이용하는 예와 보존 방안 찾아보기

(8) 물질의 구성

이 영역에서는 원소와 원자, 원소 기호, 이온을 다룬다. 원소의 개념은 물질을 이루는 근본으로서 화학에서 가장 기본적인 개념이다. 원소는 원소 기호라는 상징으로 나타내며, 이를 사용하여 화학 반응을 표현한다. 물질이 원자로 이루어져 있다는 원자론은 물질의 성질을 이해하는 기본적인 개념이다.

물질을 구성하는 입자로서의 원자의 개념을 다루고, 원소 기호를 사용하여 원소와 간단한 화합물을 표현하게 한다. 또, 원자에서 전자가 이동하여 이온이 형성됨을 알고, 이온 간의 앙금 반응을 통해 이온의 종류를 알게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '용해와 용액', 중학교 1~3학년군의 '분자 운동과 상태 변화'의 후속 학습으로 중학교 1~3학년군의 '화학 반응에서의 규칙성', '여러 가지 화학 반응'과 연계된다.

#### 학습 내용 성취 기준

① 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 알고, 대표적인 여러 가지 원소를 원소 기호로 나타낸다.
② 원소는 물질을 구성하는 원자로 구성되고 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있음을 알고, 이를 모형을 사용하여 나타낸다.
③ 원자가 전자를 잃으면 양(+)이온, 전자를 얻으면 음(−)이온이 됨을 알고, 원소 기호를 사용해 이온식으로 나타낸다.
④ 이온의 형성을 모형으로 나타내고, 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 안다.
⑤ 우리의 주변에 이온이 존재함을 알고, 이온이 사용되는 예를 안다.
⑥ 간단한 화합물을 원소 기호로 나타낸다.

#### 탐구 활동

(가) 불꽃 반응 등의 실험을 통해 원소의 종류 알아보기
(나) 이온이 전하를 띠고 있음을 확인할 수 있는 탐구 활동 고안하기
(다) 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 알아보기
(라) 모형을 사용하여 원자와 이온을 나타내기

(9) 빛과 파동

이 영역에서는 빛과 파동을 다룬다. 사람은 눈과 귀를 통하여 빛과 소리의 다양한 정보를 받아들이므로 빛과 파동에 대한 이해는 중요하다. 특히 이 영역은 영상 기술, 미술, 음악 등 다른 교과와 밀접한 관계가 있다.

물체를 보는 원리를 알고, 빛의 삼원색과 색의 합성을 통하여 백색광의 구성을 알고, 여러 가지 색의 빛이 합성되는 원리를 학습하여 컴퓨터 모니터나 텔레비전 화면의 다양한 색깔 표현 방식을 이해하게 한다.

빛의 진행에 대한 이해를 바탕으로, 거울에 물체가 비치는 현상에 빛의 반사 법칙을 적용하고, 렌즈에 의해 상이 생기는 원리를 빛의 굴절 법칙을 적용하여 이해하게 한다. 또한 매질에 대한 이해를 바탕으로 파동의 발생과 전파 과정을 알고 파동의 여러 가지 물리적 특성을 이해하게 한다. 이를 바탕으로 소리가 들리는 과정과 여러 가지 악기가 내는 소리의 특성을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '소리의 성질', 5~6학년군의 '렌즈의 이용'에서 학습한 소재, 현상적 경험과 연계된다.

#### 학습 내용 성취 기준

① 물체를 보는 원리를 안다.
② 빛의 삼원색으로 다양한 빛을 합성할 수 있음을 알고, 이 원리가 영상 장치에 활용되는 것을 안다.

③ 여러 가지 거울과 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰하고, 평면 거울과 볼록 렌즈에 의한 상의 생성 원리를 이해한다.
④ 파동이 발생하는 과정과 파동의 종류를 안다.
⑤ 파동의 진행에서 반사와 굴절 현상을 이해한다.
⑥ 소리가 들리는 과정을 알고 파동의 진폭, 진동수, 파형으로부터 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 안다.

**탐구 활동**

(가) 컴퓨터 모니터를 이용한 빛의 삼원색과 색의 합성 원리 탐구하기
(나) 일상생활에서 사용되는 거울과 렌즈의 종류를 찾고 특징 비교하기
(다) 물결파 실험 장치를 이용하여 파동의 성질 관찰하기
(라) 파형 분석을 통한 여러 가지 악기의 특성 분석하기
(마) 빛이나 파동 현상이 기술과 예술 등 다른 분야에서 활용되는 예를 찾아보기

### (10) 기권과 우리 생활

이 영역에서는 기권의 특징과 변화를 다룬다. 기권의 변화는 날씨에 영향을 주어 우리 생활과 밀접한 관계가 있고, 공기는 생물이 생명을 유지하는 데 필수적인 요소이다. 기권의 변화에 따라 지구계 내에 다양한 현상이 나타남을 이해하게 한다.

기권은 지구계의 구성 요소로서 기온의 연직 분포에 따라 층상 구조를 가지며, 기권의 순환이 지구계의 에너지 평형에 끼치는 영향을 이해하게 한다.

대기 중에 있는 수증기의 변화는 기상 변화를 일으키며, 기권의 순환과 기상 현상은 일기 예보뿐만 아니라 기상 마케팅과 같은 산업 등 우리 생활과 밀접한 관련이 있음을 알게 한다. 또 인간의 활동이 기권의 변화에 영향을 주어 지구 온난화 등의 문제가 발생함을 이해하게 하고, 인간 생활과 기권은 서로 영향을 주고받는다는 것을 알게 한다.

수권의 순환과 연계하여, 기권의 변화는 기권 내에서만 일어나는 것이 아니라 다른 권들과 밀접한 상호 작용으로 나타남을 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '온도와 열', '여러 가지 기체', '날씨와 우리 생활' 그리고 중학교 1~3학년군의 '수권의 구성과 순환'의 후속 학습이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 알고 각 층의 특징에 대해 이해한다.
② 태양이 지구계의 주요한 에너지원이며 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형을 이해한다.
③ 탄소의 순환 과정을 알고, 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해한다.

④ 대기 중의 수증기량과 이슬점, 포화 수증기량, 상대 습도, 단열 팽창 및 응결 현상의 관계를 이해하고, 구름의 생성과 강수 과정에 대해 안다.
⑤ 기압의 개념과 크기 및 단위에 대해 알고, 지표면의 차등 가열에 따른 온도 차이 때문에 기압의 변화가 발생하여 바람이 불게 됨을 안다.
⑥ 대기 대순환과 순환의 분포가 생기는 원인을 알고, 대기 대순환과 해양의 표층 순환을 관련지어 이해한다.
⑦ 기단과 전선, 고기압과 저기압에서 나타나는 기상 현상을 알고 이를 날씨의 변화와 관련지으며, 기상 현상이 우리 생활에 미치는 영향을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 복사 평형 실험하기
(나) 구름 발생 실험하기
(다) 대기 대순환과 해수의 순환의 관계 알아보기
(라) 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향을 알아보고, 미래의 변화 예측해 보기

### (11) 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

이 영역은 생명 활동에 필요한 에너지 공급과 관련된 소화, 순환, 호흡, 배설 기관의 유기적 관련성을 통합적으로 다룬다.

동물 세포들은 유기적으로 모여 조직과 기관을 형성하여 생명 유지 활동에 필요한 기능을 수행함을 알게 한다. 동물이 섭취한 음식물은 소화 기관을 지나면서 크기가 작은 영양소로 분해되어 흡수되고, 흡수된 영양소는 혈액을 통해 온몸을 순환하여 신체 각 부분의 세포로 이동함을 알게 한다.

영양소는 세포에서 산소를 사용하여 에너지를 생성함으로써 생명 활동에 필요한 에너지를 공급함을 이해하게 한다. 그 과정에서 만들어진 노폐물은 배설 기관을 통하여 몸 밖으로 나오게 됨을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군 '우리 몸의 구조와 기능' 의 후속 학습이다.

이 영역에서는 각 기관의 기능을 중심으로 학습하게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 모여 기관을 이루는 동물체의 유기적 구성 단계를 안다.
② 체내에 들어온 음식물이 소화 기관을 지나면서 소화되는 과정을 이해하고, 최종 소화 산물이 흡수되는 과정을 안다.
③ 혈액의 성분과 기능을 알고, 혈액 순환과 관련지어 심장과 혈관의 구조와 기능을 이해한다.
④ 호흡 기관의 구조와 기능을 이해하고, 동물의 체내에서 에너지가 생성됨을 안다.
⑤ 배설 기관의 구조와 기능을 이해한다.
⑥ 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 영양소 검출하기
(나) 소화 작용 실험하기
(다) 혈액 관찰하기

⑿ 물질의 특성

이 영역에서는 물질마다 고유하게 가지고 있는 특성과 이를 이용한 혼합물의 분리에 대해 다룬다. 원유의 분리 등과 같이 혼합물의 분리가 생활에 사용되는 경우가 많아 물질의 특성에 대한 학습이 필요하다.

물질은 순수한 한 종류만으로 이루어진 순물질과 두 가지 이상의 순물질이 섞여 있는 혼합물로 분류할 수 있다. 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등은 물질마다 고유한 값을 가지므로 물질의 특성이 된다. 이러한 물질들의 특성을 이용하여 혼합물을 각 물질로 분리할 수 있고, 우리 생활 주변에서 자주 이용하고 있음을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '물체와 물질', '혼합물의 분리', 5~6학년군의 '용해와 용액'의 후속 학습이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 물질들을 순물질과 혼합물로 구분하고 그 차이를 이해한다.
② 여러 가지 순물질의 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등을 측정하고, 이들이 물질의 특성이 될 수 있음을 이해한다.
③ 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리한다.
④ 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예를 안다.

**탐구 활동**

(가) 녹는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등의 물질의 특성 측정하기
(나) 물질의 특성을 이용하여 혼합물 분리하기
(다) 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예 찾아보기

⒀ 일과 에너지 전환

이 영역에서는 일과 에너지의 전환을 다루며, 에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환되는 것으로, 새롭게 생겨나거나 없어지지 않는 물리량임을 이해한다. 에너지는 물리 현상뿐만 아니라 생명 현상, 우주의 탄생과 기원 등 많은 분야와 관련된 개념이며, 일은 에너지와 밀접한 관련이 있는 개념이다.

일과 에너지의 정의를 알고 둘 사이의 관계를 이해하며, 일률과 일의 원리를 도구 사용 사례에 적용할 수 있다.

'힘과 운동' 과 연계하여 운동 에너지와 위치 에너지를 알고 역학적 에너지 보존 법칙을 이해하게 한다. 에너지는 다른 형태로 전환되지만 총량은 변하지 않음을 알게 한다. 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신 · 재생 에너지 등 여러 종류의 에너지를 알고, 그 특징을 이해하게 한다. 또한 에너지는 인류의 미래와 밀접한 관련이 있음을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '온도와 열', '전기의 작용', 중학교 1~3학년군의 '열과 우리 생활' 의 후속 학습이며, 중학교 1~3학년군의 '전기와 자기' 와 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 일과 일률의 정의를 알고, 일과 에너지의 관계를 안다.
② 간단한 도구를 이용하여 일의 원리를 이해하고, 도구를 유용하게 사용하는 예를 안다.
③ 운동 에너지와 위치 에너지를 알고 역학적 에너지 보존 법칙을 이해한다.
④ 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신 · 재생 에너지 등 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 알고, 인류의 미래에서 에너지의 중요한 역할을 이해한다.
⑤ 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾고, 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 지레를 이용한 일의 원리 실험하기
(나) 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존 법칙 확인하기
(다) 신 · 재생 에너지를 비롯한 여러 가지 에너지의 특징 조사하기

### ⑭ 자극과 반응

이 영역에서는 인간의 감각 기관이 외부 자극을 감지하여 신경계와 내분비계를 거쳐 자극에 대한 반응을 나타냄으로써 환경 변화에 대처하여 몸을 최적의 상태로 유지시킬 수 있음을 다룬다.

인체에는 시각, 후각, 청각, 평형 감각, 미각, 피부 감각 등을 체내로 전달하는 감각기가 있어 서로 다른 자극을 감지할 수 있음을 이해하게 한다. 뉴런의 구조와 기능을 이해함으로써 감각 기관에서 감지된 자극이 효율적으로 생물의 신경계에 전달될 수 있음을 알게 한다. 또한 신체로 전달된 서로 다른 자극이 신경과 흐르몬 등을 통해 서로 다른 반응을 나타냄으로써 환경의 변화에 대처하는 몸의 항상성 유지가 가능함을 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '우리 몸의 구조와 기능' 과 연계된다.

이 영역에서는 다양한 흐르몬의 종류와 기능을 단순하게 소개하는 방법을 지양하고, 우리 몸에서 일어나는 호르몬과 신경의 조절을 통한 항상성 유지 기능을 이해하는 데 초점을 둔다.

**학습 내용 성취 기준**

① 눈, 코, 귀, 혀, 피부 감각기의 구조와 기능을 안다.
② 뉴런 및 신경계의 구조와 기능을 알고, 자극에 대한 반응 경로를 이해한다.
③ 체내 · 외 환경 변화에 대한 신경과 호르몬의 조절 작용으로 항상성이 유지됨을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 시각 관련 실험하기
(나) 미각 관련 실험하기
(다) 자극에 대한 반응 실험하기

⒂ 전기와 자기

이 영역에서는 전기와 자기와 관련된 현상을 다룬다.

초기의 과학자들은 전기와 자기 현상을 서로 관련이 없는 별개의 것으로 이해하였지만, 실험을 통하여 전류가 흐르는 전선 주변에 자기장이 생긴다는 것을 확인함으로써 이들이 서로 밀접한 관련이 있음을 알게 되었다. 전기와 자기 현상에 대한 이해를 통해 일상생활과 밀접한 관계가 있는 전자 기기들의 작동 원리를 알 수 있다.

전하에는 양전하와 음전하가 있음을 알고 물체가 대전되는 과정을 이해하게 한다. 전하를 띤 두 물체 사이에는 전하의 종류에 따라 서로 끌어당기거나 미는 전기력이 작용하며, 이는 원자와 분자 구조에 중요한 역할을 함을 알게 한다. 저항의 직렬 연결과 병렬 연결 회로에 옴의 법칙을 적용하여 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알고 가정에서 사용하는 전기 에너지가 다른 에너지로 전환됨을 알게 한다. 또한 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 이해하고 도선 주위의 자기장이 변하면 도선에 전류가 발생하며, 탐구를 통하여 자기장 속의 도선에 전류가 흐르면 도선에 힘이 작용함을 정성적으로 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '자석의 이용' 과 5~6학년군의 '전기의 작용' 에서 학습한 소재와 현상적 경험과 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 정전기 유도에 의해 물체가 대전되는 과정을 이해하고, 대전된 전하의 종류에 따라 두 물체 사이에는 서로 밀거나 당기는 정전기력이 작용함을 안다.
② 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알고, 이를 적용하여 저항의 직렬 연결과 병렬 연결의 특징을 이해한다.
③ 가정에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환되어 사용되고 있음을 알고, 이를 전기 소비 전력과 관련지어 이해한다.
④ 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 안다.
⑤ 자기장 내의 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘의 특성을 안다.
⑥ 자석을 이용하여 전류가 발생하는 현상을 정성적으로 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상 실험하기
(나) 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특징 알아보기
(다) 직류 전동기를 이용하여 전동기와 발전기의 원리 알아보기

⑯ 화학 반응에서의 규칙성

이 영역에서는 화학 반응이 일어날 때의 규칙성에 대해 다룬다. 화학 반응이 일어날 때 정량적인 관계가 성립한다는 사실은 입자론의 도입을 가져왔으며, 원자 및 분자 개념에 대한 이해는 화학 반응에 대한 입자론적 해석의 바탕이 된다. 우리는 이를 통해 화학 반응의 본질에 대한 기본적인 이해가 가능하다.

화학 반응에서 양적 관계의 규칙성이 나타난다는 사실을 실험을 통해 알고, 이러한 규칙성이 나타나는 이유에 대한 추론을 통해 물질이 입자로 이루어져 있음을 알게 한다. 화학 반응을 원소 기호를 이용해 화학 반응식으로 나타내며, 화학 반응식에서 계수의 의미를 이해하게 한다.

이 영역에서는 화학 변화, 화학 반응식 그리고 화학의 기본 법칙을 다루며, 학습한 내용은 중학교 1~3학년군의 '여러 가지 화학 반응' 과 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 일상생활에서 물리 변화와 화학 변화의 예를 안다.
② 화학 반응을 모형으로 설명하고, 이를 통해 화학 변화는 물질을 구성하는 입자의 종류와 배열이 달라지는 것임을 이해한다.
③ 간단한 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낸다.
④ 화학 반응에서 질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙을 모형을 통해 이해한다.
⑤ 화학 반응식에서 계수의 의미를 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 물리 변화와 화학 변화 구분하기
(나) 질량 보존 법칙 실험하기
(다) 일정 성분비 법칙 실험하기
(라) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내기

⑰ 태양계

이 영역에서는 태양계 천체 중에서 태양, 행성 그리고 지구의 위성인 달의 기본적인 특징과 관측 방법에 대해 다룬다. 망원경의 사용, 천체 관측 등 과학 체험 활동을 통하여 천문학 영역에 대한 흥미와 학습 동기를 갖게 한다.

행성과 위성을 구분하고 행성을 특징에 따라 분류하게 한다. 또 태양이 태양계 내의 유일한 항성이며, 태양의 활동이 지구계에 미치는 영향과 이로 인해 나타나는 현상을 이해하게 한다. 그리고 천체 망원경의 사용법을 학습하여 태양, 달 등의 천체를 관측하고 그 특징을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군 '지구와 달', 5~6학년군 '태양계와 별', '지구와 달의 운동', '계절의 변화', 중학교 1~3학년군 '지구계와 지권의 변화' 의 후속 학습으로 중학교 1~3학년군의 '외권과 우주 개발' 과 연계된다.

### 학습 내용 성취 기준

① 지구와 달의 모양과 크기를 알고, 자전과 공전으로 인해 나타나는 현상을 이해한다.
② 달의 모양 변화와 일상생활을 연관하여 이해한다.
③ 태양계를 구성하는 천체를 알고, 태양계 행성을 분류하여 그 특징을 알고, 행성도 위성을 가질 수 있음을 안다.
④ 태양은 태양계 내의 유일한 항성임을 알고, 태양의 활동이 지구 자기장 및 인간 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.
⑤ 육안 및 천체 망원경을 이용하여 천체를 관측하고, 이를 통해 천체의 특징을 안다.

### 탐구 활동

(가) 지구의 크기를 측정하고 달의 크기와 비교하기
(나) 달의 모양 변화와 관련된 일상생활의 예 찾아보기
(다) 육안 및 망원경으로 천체 관측하기
(라) 행성 또는 달 탐사 계획 세우기

⒅ 생식과 발생

이 영역에서는 생물이 세포 분열로 성장하고 번식하는 생명 현상을 다룬다.

생물의 생식 방법인 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 비교하게 한다. 세포는 체세포 분열과 생식세포 분열을 통해 성장하고 번식한다. 두 종류의 세포 분열 과정에서 염색체의 행동은 다르지만, 염색체가 유전자로 구성되어 있다는 공통점을 이해하게 한다. 생식세포가 만나 형성된 수정란이 발생 과정을 거쳐 개체가 되는 과정을 사람의 발생 과정을 통해 이해함으로써 생명이 연속되는 현상이 신비하고 소중하다는 것을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군 '동물의 한살이'의 후속 학습으로, 중학교 1~3학년군 '유전과 진화'와 연계된다.

### 학습 내용 성취 기준

① 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 이해한다.
② 체세포 분열과 생식세포 분열의 특징을 염색체의 행동을 중심으로 비교한다.
③ 염색체와 유전자의 관계를 이해한다.
④ 생식세포가 만나 형성된 수정란으로부터 사람이 발생되는 과정을 이해한다.

### 탐구 활동

(가) 효모의 출아 관찰하기
(나) 체세포 분열 관찰하기
(다) 생식세포 분열 관찰하기

⒆ 여러 가지 화학 반응

이 영역에서는 생활에서 접할 수 있는 대표적인 화학 반응인 산과 염기의 중화 반응과 산화와 환원 반응을 다룬다.

일상생활에서 산과 염기의 반응, 산화와 환원 반응이 존재함을 알고, 이를 통해 화학이 유용하게 쓰임을 알고 화학에 대한 긍정적인 태도를 함양할 수 있다.

일상생활에서 산과 염기의 대표적인 예를 들고, 수용액에서의 이온화 과정을 화학 반응식으로 나타내며, 중화 반응이 일어날 때의 변화를 이해하게 한다. 또한 대표적인 산화와 환원 반응을 산소의 이동으로 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '산과 염기'와 중학교 1~3학년군의 '물질의 구성' 단원과 연계된다.

이 영역에서는 산과 염기의 반응, 산화와 환원 반응을 화학 반응식으로 표현하고 이해하게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 우리 주변에서 볼 수 있는 산과 염기의 특징을 알고, 수용액에서 산과 염기의 이온화를 이온식으로 나타낸다.
② 중화 반응에서 일어나는 지시약의 색 변화와 온도 변화를 관찰하고, 용액의 성질과 온도 변화를 이해한다.
③ 중화 반응을 이온 모형을 통해 이해하고, 이를 이온 반응식으로 나타낸다.
④ 산화와 환원 반응을 산소의 이동으로 이해한다.
⑤ 일상생활에서 산화와 환원 반응의 예를 들 수 있다.

**탐구 활동**

(가) 중화 반응에서 일어나는 현상 관찰하기
(나) 중화 반응을 이온 모형으로 표현하기
(다) 산소와 결합하는 산화 반응 실험하기
(라) 일상생활에서 산화와 환원 반응 조사하기

⒇ 유전과 진화

이 영역에서는 부모의 형질이 자손에게 전달되는 유전 현상과 생물의 다양성이 생물의 진화와 관련되어 있음을 다룬다.

멘델 법칙을 통해 부모의 형질이 자손에게 전달되는 유전의 기본 원리를 이해하게 하며, 유전 현상을 연구하는 방법과 사람의 유전 현상을 알게 한다. 현재의 생물이 과거에 살았던 생물과는 다르다는 것을 구체적인 증거를 들어 설명하고, 생물의 다양성이 진화와 관련되어 있음을 이해하게 한다. 다양한 생물에서 공통점과 차이점을 찾아내어 기준에 따라 분류해 보고, 생물을 분류하는 기준과 목적을 알게 한다.

이 영역은 중학교 1~3학년군의 '생식과 발생'과 연계된다.

생물 분류 단계는 '5계' 수준까지만 다룬다.

### 학습 내용 성취 기준

① 부모의 형질이 자손에게 전달되는 현상을 멘델의 유전 법칙을 중심으로 이해한다.
② 유전을 연구하는 방법을 알고, 사람의 유전 현상을 이해한다.
③ 생물의 진화 증거를 들 수 있다.
④ 생물의 다양성을 진화와 관련하여 이해한다.
⑤ 분류의 목적과 기준을 생물의 다양성과 관련하여 이해한다.

### 탐구 활동

(가) 가계도 자료 해석하기
(나) 최신에 연구된 진화 증거 조사하기
(다) 분류 기준에 따라 계 수준에서 생물 분류하기

(21) 외권과 우주 개발

이 영역에서는 별의 특징, 별까지의 거리, 우주 개발에 대해 다룬다. 우리 은하에 대한 이해를 통해 우주에 대한 흥미와 호기심을 갖게 한다.

별까지의 거리에 따라 그 거리를 측정하는 방법이 다르며, 별의 밝기와 등급, 색과 온도의 관계를 알게 한다. 다양한 은하의 모양, 우리 은하의 모양과 크기, 우리 은하를 구성하는 천체의 종류를 알게 한다. 또한 근거를 통해 우주는 팽창하고 있음을 이해하게 한다. 우주 개발의 목적과 우주 탐사의 역사 및 우주 개발로 인한 영향과 문제점을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '태양계와 별', 중학교 1~3학년군의 '태양계'의 후속 학습이다.

### 학습 내용 성취 기준

① 하늘에서 별의 위치를 확인하고, 계절에 따라 관측할 수 있는 별자리가 다름을 안다.
② 별의 거리를 측정하는 방법을 알고, 가까운 별의 거리는 연주 시차로 측정한다.
③ 별의 밝기와 등급으로 절대 등급과 겉보기 등급의 개념을 안다.
④ 별의 표면 온도에 따라 별의 색깔이 다름을 이해한다.
⑤ 우리 은하의 모양과 크기를 알고, 우리 은하는 성단, 성운, 성간 물질로 구성됨을 안다.
⑥ 우주가 팽창하고 있음을 근거를 통해 이해한다.
⑦ 인류의 우주 개발과 우주 탐사의 역사를 알고, 이와 관련된 직업 세계를 안다.
⑧ 인공위성의 개발과 이용이 우리 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.

### 탐구 활동

(가) 시차 측정하기
(나) 우주 과학과 관련된 직업 세계 탐색하기
(다) 우주 정거장을 설계하기

⑵ 과학과 인류 문명

이 영역에서는 수많은 첨단 기술과 기기가 과학 원리를 응용한 것이며, 인류에 지대한 영향을 끼쳐 온 과학이 다른 분야와도 밀접하게 관련되어 발전되어 왔음을 다룬다.

과학이 인류 문명에 미치는 영향과 첨단 기술에 응용됨을 아는 것과 과학 관련 사회적 쟁점에 대해 과학적인 방법으로 의견을 제시하는 것은 과학의 성격과 유용성, 과학적 방법을 이해하는 데 중요하다.

이 영역에서는 주로 조사와 토론의 방법으로 이러한 내용을 다룬다. 과학이 인류 문명에 끼쳐온 영향을 역사적 사실에 기초하여 이해하게 한다. 원리보다는 활용의 측면에서 첨단 과학 기술의 사례를 자유롭게 조사하여 과학이 일상생활에 미치는 영향을 알게 하고, 미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지 근거를 제시하여 예측하게 한다. 또 과학의 개념과 원리가 기술, 공학, 예술이나 수학 등 과학 외의 교과와 관련 있음을 사례를 통해 알게 한다.

인류가 당면한 에너지나 환경 문제와 같은 과학 관련 사회적 쟁점이 있음을 알고, 이에 대한 자신의 의견을 과학적으로 제시하게 한다.

이 영역은 중학교 1~3학년군의 첫 영역인 '과학이란?'에서 과학과 일상생활의 밀접한 관련성과 과학의 유용성을 학습한 후, 중학교 1~3학년군 과학을 통합적으로 다루는 영역이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 우리 생활에 이용되고 있는 첨단 과학의 예를 들 수 있다.
② 과학 개념과 원리가 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 조사한다.
③ 과학의 발전 과정에 기초하여 미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지를 말하고 그 근거를 제시한다.
④ 과학이 사회와 문화 예술, 환경 등 우리 생활에 미치는 영향을 안다.

**탐구 활동**

(가) 첨단 과학과 관련된 기사 조사하여 토론하기
(나) 과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향 토론하기
(다) 미래 생활에 영향을 줄 신기술 조사하여 발표하기
(라) 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합한 사례 조사하기
(마) 첨단 과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향 토론하기

# II 교과용 도서의 편찬 방향과 구성

2009 개정 교육과정과 인정 도서 개발상의 유의점 및 각종 연구 보고서 등을 기초로 하여, 교육 목표를 효과적으로 달성하고, 실제 수업에서 교육과정을 충분히 반영할 수 있도록 다각화하였다. 특히 아래에 진술한 교육과정의 개발 정신을 최대한 살렸다.

## 01 교육과정을 충실히 구현하는 교과용 도서

(1) 과학의 목표, 내용 영역과 기준을 충실하게 구현
(2) 교과의 특성을 반영하기 위한 다양한 교수 · 학습 평가 방법 적용
(3) 학생의 발달 단계를 고려하여 교육과정에서 제시한 학습량과 내용 수준의 적정화
(4) 교과 교육과정 내용을 바탕으로 학습의 개별화가 가능한 학습 자료 제공
(5) 학생의 능력과 적성, 진로를 고려하여 교육 내용과 방법을 다양화

## 02 교육 현장의 적합성이 높은 교과용 도서

(1) 교육 · 학습 과정 중심의 교과용 도서
① 학습 지도 계획 작성이 용이한 자료 성격
② 단원 전개 과정에서 학습 방법의 충분한 시사
③ 교수 · 학습 과정의 개선에 기여할 수 있는 내용 구성
④ 정보 기술, 교육용 소프트웨어 등 다양한 교육 매체 활용이 가능한 내용 구성

(2) 교원이 직접 참여하는 현장 친화적인 교과용 도서
① 지역이나 학교의 실정, 교과의 특성에 따라 융통성 있는 운영이 가능하도록 구성
② 연구 · 집필 · 협의진에 다수의 현장 교사가 직접 참여하여 개발

## 03 학습자 중심의 다양하고 질 높은 교과용 도서

(1) 창의 · 인성 교육을 실현할 수 있는 내용 구성
① 학생의 창의성을 발현할 수 있는 교육 내용, 방법, 평가 구안
② 학습의 과정, 탐구 과정, 통합적인 사고력 신장 중시
③ 나눔과 배려의 인성 교육을 구현할 수 있도록 다양한 학습 방법과 활동 제시

(2) 이해하기 쉽고, 재미 있으며 활용하기에 편리하도록 편찬
① 학생의 생활 경험을 반영한 내용 구성으로 흥미와 동기 유발 및 이해력 증진
② 자기 주도적 학습에 도움을 줄 수 있는 내용 구성
③ 다양한 편집 디자인 기법의 도입, 가독성 제고
④ 사례 중심, 직접적인 체험을 중시하는 내용 구성

## 교과서의 구성과 활용 방안

자율성과 창의성을 고려하여 학교 현장에 맞춰 다양하게 교과군에 따라 수업 시수를 조정할 수 있지만, 본 도서에서는 편의상 연간 학년군의 예시로 과학 ① 7개 단원, 과학 ② 7개 단원, 과학 ③ 8개 단원으로 구성하였다. 과학 ①에는 '과학이란?'이라는 도입 단원을 시작으로 과학의 흥미와 호기심을 최대한 이끌게 하였고, 과학 ③에서는 '과학과 인류 문명'을 소개하여 과학이 우리 생활에 이바지한 내용과 첨단 과학을 간단하게 다루었다.

| 구성과 체제 | | 내용 및 활용 방안 |
|---|---|---|
| 대단원 | 과학자 | 단원에서 대표되는 과학자의 대략적인 업적을 소개하면서 시작했다. |
| | 단원 소개 | 교육과정에서 제시한 내용을 소개하여 학습 내용을 예측하게 하였다. |
| 중단원 | 미리 보기 | 학습 요소를 체계화하고 학습 내용의 흐름을 파악할 수 있도록 하였다. |
| | 주요 개념 | 핵심 단어를 설명하고 학습의 방향을 탐색하게 하였다. |
| 소단원 | 학습 목표 | 학습 목표를 제시하여 학습의 방향을 명확하게 제시하였다. |
| | 도입문 | 다양한 도입을 시도하여 학생들의 호기심을 최대한 자극하였다. |
| | 본문 전개 | 스토리텔링 형식의 진술을 하여 학생 스스로 읽다 보면 충분히 이해하며 자기 주도 학습이 가능하게 하였다. |
| | 해 보기 | 창의적인 체험 활동을 통해 과학의 원리나 법칙을 이해하게 하였다. |
| | 탐구 활동 | 필수 탐구 중심으로 활동할 수 있도록 하였다. 필요한 곳에 한 걸음 더, 탐구의 확장을 수록하였다. |
| | 스스로 해결하기 | 학습 내용을 점검하면서 학생 스스로 수업에 참여하게 하였다. |
| | 과학 자료실 | 개념 원리를 파악하고 응용 문제를 해결하는 데 도움을 주게 하였다. |
| | 이미지 사이언스 | 과학적 가치가 있는 이미지에 대하여 해설을 하였다. |
| | 잠깐 체크 | 필요한 곳에 잠깐 체크를 넣어 배운 요소를 상기하게 하였다. |
| | 그때 그 사건 | 흥미 있는 과학사 중심의 소재를 이용하여 학습에 흥미를 느끼게 하였다. |
| | 자기 주도 학습 | 소단원 말미에는 스스로 평가할 수 있도록 공간까지 마련하였다. |
| 창의 · 인성 | 탐구 활동 | 모둠별 탐구 활동을 통해 창의적인 사고와 인성이 길러지도록 하였다. |
| | 읽기 자료 | 범 교과적인 활동에서 물음이나 토의(토론), 응용 문제를 필요한 곳에 제시하여 창의나 인성 교육이 이루어지도록 하였다. |
| STEAM | 융합(통합) | 교과목 간의 융합뿐만 아니라 다양한 분야에서 적용될 수 있도록 통합 형태를 시도하였다. |
| | 창의 · 인성 활동 | 탐구 활동뿐만 아니라 보충 · 심화 등 다양한 모둠 활동에 창의 교육과 인성 교육이 병행되도록 하였다. |
| | 첨단 과학 | 앞으로 전개될 학문의 발전 방향을 제시하고 첨단 내용을 소개하였다. |
| | 체험 활동 | 자기 주도 학습의 일환으로서 체험 활동이 다양하게 이루어지도록 하였다. |
| | 직업 이야기 | 학생들의 다양한 적성과 진로를 고려하여 단원 관련 직업을 소개하였다. |
| 평가 | 개념 정리하기 | 대단원 마무리 첫 단계로서, 지금까지 학습한 기본 내용을 구조화하여 다양한 형태(퍼즐, 구조도, 마인드 맵 등)로 정리할 수 있도록 하였다. |
| | 개념 적용하기 | 학교 현장에서 나올 수 있는 문제를 다양한 형태로 문제화하여 교과서만으로도 충분한 학습이 이루어지도록 하였다. |
| | 개념 응용하기 | 한 차원 높은 응용 문제나 창의 · 인성을 키울 수 있는 문제, 탐구력을 키울 수 있는 문제, 과학 논술을 대비할 수 있는 글쓰기 문제 등을 제시하였다. |

## 지도서의 구성과 활용 방법

과학 교과서는 과학 교육에서 강조하는 '과학적 소양 함양', '창의성' 교육을 포함하는 2009 개정 교육과정에 의거하여 개발하였으므로 이러한 기본 방향을 전제로 교과용 도서가 잘 활용될 수 있도록 지도서를 구성하였다.

과학 교사용 지도서는 교사의 교수 학습 능력을 강화하고, 중학교 과학과 교육과정의 정상적인 운영을 도모하며, 과학과 교육의 질과 효과를 제고할 수 있는 현실 적합성과 활용도가 높아야 하므로, 이에 중점을 두고 개발하였다. 지도서는 총론과 각론으로 구분하였으며, 각 구성에 대한 내용 및 활용 방안은 아래와 같다.

| 구성과 체제 | | 내용 및 활용 방안 |
|---|---|---|
| 총론 | 2009 개정 교육과정 | 2009 개정 교육과정에서 강조한 내용을 빠짐없이 실었다. 즉, 교육과정의 기본 방향과 특징, 내용 체계 등을 실었다. |
| | 교사용 도서의 편찬 방향과 구성 | 교육과정에 맞고 현장 적합성이 높은 그리고 학습자 중심의 교과용 도서가 되기 위해 편찬 방향을 소개하였다. |
| | 과학과 교수 학습 방법 | 실제 중학교 현장에서 많이 활용하는 수업 모형을 중심으로 제시하였다. |
| | 과학 학습의 평가 | 교육과정에서 제시한 평가 방법을 근거로 평가 영역, 평가 방법과 채점 기준을 제시하였다. |
| | 연간 지도 계획안 | 교육과정에 따라 다양한 수업 운영이 가능하지만 보편적인 1년 예시안을 제공하였다. |
| | 참고 문헌 및 인용 자료 | 총론 구성에 필요한 참고 문헌 및 인용 자료를 제시하였다. |
| | 변경 전후의 용어 일람표 | 학습 지도에 도움이 되는 바뀐 용어를 소개하였다. 여기에는 중학교에서 자주 나오는 대표적인 용어만 나타냈다. |
| 각론 | 단원의 개관 | 학습 목표를 제시하여 학습의 지도 방향을 명확히 제시하였다. |
| | 단원 학습 위계 | 학교급 간의 내용 체계와 위계를 기본으로 중학교에서 적절한 내용과 학습량을 소개하였다. |
| | 교육과정 | 고시된 교육과정을 이해하고 학습 내용 성취 기준과 탐구 활동을 준수하였다. |
| | 단원 지도상 유의점 | 강조할 내용이나 학생들이 오류를 범하기 쉬운 내용, 잘 이해하지 못하는 내용에는 유의점을 제시하여 수업에 도움을 주었다. |
| | 참고 자료 | 학생들이나 교사들이 볼 수 있는 내용을 참고 자료 코너에 소개하였다. |
| | 단원 지도 계획 | 단원별 시수와 차시를 소개하고, 학습 내용 및 활동을 일목요연하게 안내하였다. |
| | 본문 해설 | 학습 내용 안내와 학습 전개, 학습 자료실, 찾아보기, 과학 돋보기, 역사 속의 과학, 관련 지식, 보충 학습, 참고 자료 등의 코너를 만들어 강의에 도움이 되도록 하였다. 효과적인 자료 활용을 위해 교과서 축소판을 넣은 뒤 본문 해설은 모든 면을 해당 면에 배치하여 지도서의 활용을 최대화하였다. 대단원 마무리를 포함하여 모든 물음에 대한 답을 기본적으로 제공하였다. |
| | 탐구 활동 | 탐구 활동에 대한 해설뿐만 아니라 실험상의 유의점, 안전 문제, 활동 요령 등을 안내하였다. 심화 내용이 필요한 경우에는 한 걸음 더와 탐구의 확장 코너를 통해 확장된 개념을 다루어 볼 수 있도록 하였다. |
| | 대단원 평가 문항 예시 | 대단원이 끝나면 교사가 학생들을 평가할 수 있도록 대단원 평가문항 예시를 넣었다. |

# III 과학과 교수 · 학습 방법

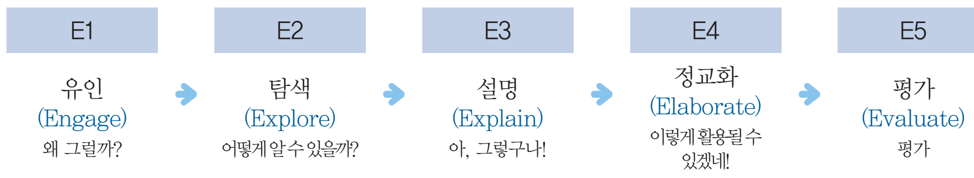
중학교 과학은 자연 탐구를 통해 창의적으로 사고하고, 일상생활 문제를 과학적으로 해결하기 위해 필요한 과학적 소양을 기르는 데 그 목적을 두고 있다. 과학적 소양은 의사결정, 사회 · 문화적 활동, 경제적 생산성 등에 필요한 과학적 개념과 과정에 대한 지식 및 그에 대한 이해를 의미한다(NRC, 1996).

모든 학생들의 과학적 소양을 기를 수 있도록 과학 학습 지도가 이루어지기 위해서는 교육과정에 따라 개발된 과학 교과서를 비롯해 멀티미디어 교수 자료, 인쇄 자료 등 다양한 학습 자료가 활용되어야 한다. 또한 학생들의 학업 성취도를 결정하는 중요한 요인 중 하나가 바로 교수 · 학습 방법이므로 각 수업 상황에 맞는 적절한 수업 모형의 선정과 활용이 필수적이다.

## 01 5E 순환 학습 모형

5E 순환 학습 모형은 과학 지식의 구성과 과학 개념의 변화에 목표를 두고 있는 수업 모형으로서, 기존의 '탐색－용어 도입－개념 적용' 의 3단계를 적용한 순환 학습 모형을 더욱 효율적으로 확장시키고 정교화시킨 수업 방법이다.

5E 순환 학습 모형은 유인(Engage) → 탐색(Explore) → 설명(Explain) → 정교화(Elaborate) → 평가(Evaluate)의 5단계로 구성되어 있다. 구성주의 학습 이론에 따라 탐색 단계를 유인과 탐색으로 구분하고, 용어 도입 단계를 설명 단계로 수정하였으며, 개념 적용 단계를 정교화 단계로 보완하고, 마지막에 평가 단계를 더하였다(BSCS, 1993; Trowbridge et al., 2004). 5E 순환 학습 모형의 단계별 특징을 정리해 보면 다음과 같다.




(1) E1 유인(Engage)

① 교사는 학습 주제와 관련된 문제에 관해 질문하고, 주요 용어를 정의하면서 학생들이 이미 알고 있는 지식이나 반대되는 현상 등을 제시하여 학생들의 흥미와 호기심을 유발하고 질문을 유도한다.

② 학생들은 주제에 대해 흥미를 보이면서 이러한 현상은 왜 일어났는지, 또는 어떻게 하면 그것에 대해 알아낼 수 있는지 등에 대하여 질문한다.

(2) E2 탐색(Explore)

① 교사는 조언자로서의 역할만 수행하고 학생들이 자율적으로 모둠 활동이 이루어지도록 도와주면서 학생들의 상호 작용을 관찰한다.

② 교사의 지도 하에 학생들은 주요 개념과 기술에 대한 사전 지식을 명료화한다.

(3) E3 설명(Explain)

① 교사는 새로운 과학적 개념을 도입하고 정의한다. 이때 개념을 설명하기 위해 학생들의 사전 경험을 활용한다.

② 학생들은 자신이 이해한 것을 설명하고, 대안을 토의한다. 또한 과학적으로 설명하기 위해 기록된 관찰을 사용한다.

(4) E4 정교화(Elaborate)

① 교사는 학생들이 학습한 새로운 개념이나 사고 유형을 다른 상황에 적용하도록 격려한다.

② 학생들은 문제 제기를 위해 사전 정보를 사용하여 답을 제시하고 결론을 내리며, 실험을 설계하고 근거로부터 합당한 결론을 내린다.

(5) E5 평가(Evaluate)

① 교사는 학생들의 사고와 행동이 변화되었는지 살펴본다. 왜 그렇게 생각하는지, 어떤 증거를 가지고 있는지, 아는 것이 무엇인지, 어떻게 설명할 것인지에 대해 개방형 질문을 한다.

② 학생들은 과학적 개념이나 과정에 관한 지식을 얼마나 습득했는지 또한 학생들 자신이 어느 정도 향상되었는지 평가한다.

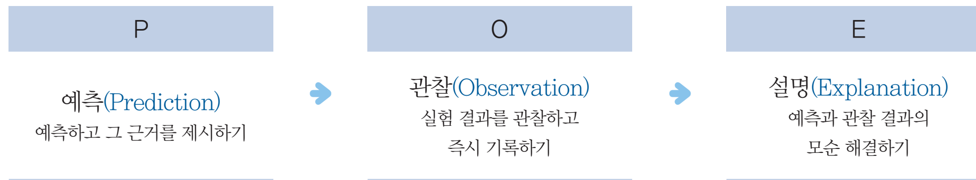
## 02 POE 모형

POE는 3단계의 활동으로서, 예측(Prediction), 관찰(Observation), 설명(Explanation)의 약자이다(White & Gunstone, 1992). POE 활동은 실제 상황에서 과학 개념에 대한 학생들의 이해 정도를 탐색하기 위해 Champagne, Klopfer, Anderson(1980)에 의해 처음으로 개발되었다. POE 활동은 학습한 내용에 관련된 익숙한 상황을 학생들에게 제시한 후 학생들이 특정한 현상의 결과를 예측하고 관찰한 내용을 기술하도록 한 다음, 예측과 관찰 사이의 갈등을 해결할 수 있도록 하는 과정으로 이루어진다.

POE 활동의 가장 큰 특징은 예측 과정이라 할 수 있다. 어떤 활동에서는 실험 결과가 학생들이 예측한 것과 반대의 결과가 나오기도 한다. 이런 활동을 불일치 사례(discrepant event)라고 하며, 이는 학생들에게 개념적인 갈등(conceptual conflict)을 유발할 수 있다. POE의 예측 과정에서는 불일치 사례가 제시된 후 학생들에게 “예측한 것과 실제로 관찰한 것 사이의 불일치”에 대해 설명하도록 한다(White, 1988). 학생들은 예측을 하고, 자신의 예측과 관찰한 결과가 일치하지 않은 이유에 대해 생각하고 설명하는 과정을 겪으면서 과학 원리와 개념에 대해 깊이 있는 이해를 할 수 있다.

POE 모형은 형식이 비교적 간단하여 수업 시간에 활용하기가 쉽다. 그리고 자신의 생각과 모순되는 관찰 결과를 해결하기 위하여 학생들이 적극적으로 참여하게 할 수 있다. 또한 예측하기 외에도 예측한 것에 대한 설명, 현상의 관찰, 자신의 생각이나 관찰에 대한 이론을 확장하여 생각해 볼

기회를 학생들에게 제공한다. 결과가 제시되지 않는 상황에 대해 예측할 것을 요구하기 때문에 학생들이 나름대로 가장 적절하다고 판단되는 지식을 적용해 볼 기회도 가지도록 할 수 있다.




(1) 예측(Prediction)

이 단계에서 학생들은 구체적인 현상의 결과를 예측하고, 자신의 예측에 대한 근거를 제시한다. 앞으로 일어날 일에 대해 근거를 가지고 말하는 것은 예측(prediction)이지만, 근거 없이 단순 짐작으로만 얘기하는 것은 추측(guess)일 뿐이다. POE에서 중요한 것은 학생들이 추측이 아니라 예측을 할 수 있도록 돕는 것이다. 예측을 하기 위해서는 학생들이 주어진 상황에 대한 명확한 이해가 우선되어야 하므로 이에 필요한 질문을 충분히 할 수 있도록 해야 한다. 또한 예측이나 예측에 대한 근거를 글로 적어볼 수 있게 지도한다. 하지만 예측에 집중하다가 관찰을 하지 못하는 일이 없도록, 예측 단계가 끝난 것을 확인한 후 관찰 단계로 넘어가야 한다.

(2) 관찰(Observation)

관찰 단계에서 교사는 실험 활동을 안내하고, 학생들은 실험의 결과를 관찰한다. 이 단계에서도 학생들이 자신의 관찰 결과를 기록하도록 하는 것이 필요하다. 관찰 내용의 기록으로부터 관찰한 현상에 대한 학생들의 다양한 반응을 명확히 알 수 있기 때문이다. 자신의 기존 생각과 모순되는 현상을 접할 경우, 학생들은 사례 자체를 무시하거나 오히려 기존 생각을 지지하는 증거로 왜곡하여 관찰할 가능성도 있다(Chinn & Brewer, 1993).

관찰 결과의 기록은 학생들이 자신의 생각을 명료화하고 정교화시키는 역할을 할 수 있다. 관찰 결과를 기록할 때에는 다른 학생의 영향을 받거나 잊어버리지 않도록 즉시 기록하도록 지도한다.

(3) 설명(Explanation)

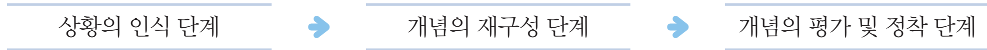
설명 단계에서는 학생들이 관찰한 결과를 토대로 결론을 이끌어 낼 수 있도록 한다. 이 단계는 학생들이 예측한 것과 관찰 결과 사이에 존재하는 모순을 해결하기 위해 노력하는 단계이다. 교사는 학생들이 가능한 한 모든 가능성을 고려하도록 도와주어야 하며, 다양한 질문을 통하여 학생들이 자신의 생각을 분명하게 정리하고, 또 활발하게 발표하고 토의할 수 있도록 유도해야 한다. 토론을 통해 서로의 견해 차이를 조율하는 과정에서 자신의 생각을 검토하고 올바른 결론에 도달할 수 있다.

## 03 초인지 수업 전략

5E 순환 학습 모형과 POE 모형 외에 비교적 최근에 도입된 것으로 초인지(Metacognition) 수업 전략이 있다. 초인지는 1979년 Flavell에 의해 처음 도입된 개념으로서, '안다는 것을 안다는 것' 으로 자신의 인지 과정에 관한 지식이다. 초인지는 인지 과정에서 스스로 무엇을 얼마나 알고 있는지를 인식하는 것으로써 좀 더 구체적으로 자기 자신의 수행을 점검하고 평가하는 행동과 그 평가에

따라 이루어지는 전략의 선택 및 사용에 관한 인지적 능력이다. 이 수업 모형의 특징은 학생들이 가진 개념에 대해 인지적 갈등을 느끼도록 하여 새롭게 개념을 재구성하는 데 있다.

초인지 수업 전략은 다음의 세 가지 단계로 구성된다.




(1) 상황의 인식 단계

제시된 상황은 무엇을 나타내고 있는가? 상황과 관련된 개념들에는 어떠한 것들이 있는가? 가장 기본이 되는 개념은 무엇인가? 등에 대해 탐색하는 단계이다.

(2) 개념의 재구성 단계

학생들이 가진 개념에 대해 인지적 갈등을 느끼도록 하고, 갈등 해소를 위한 어떠한 방법을 활용할 수 있는지 탐색하도록 하며, 능동적으로 개념을 재구성하도록 하는 단계이다.

(3) 개념의 평가 및 정착의 단계

재구성된 개념들을 실제적으로 유사한 상황에 적용하여 평가하는 단계이다.

이 밖에도 학습자가 이미 가지고 있는 개념, 새로 획득한 개념들과 그 위계적 관계를 구성해 놓은 도식적 모형인 '개념도'를 이용하는 학습 모형과

1) 무엇이 문제인가?
2) 주요 개념은 무엇인가?
3) 어떠한 탐구 방법이 사용되었는가?
4) 지식 주장은 무엇인가?
5) 가치 주장은 무엇인가?

라는 5가지 질문 과정으로부터 발전된 'V' 도를 활용한 학습 모형을 이용할 수도 있다.

# Ⅳ 과학 학습의 평가

평가는 모든 학생들이 교육 목표를 성공적으로 달성할 수 있도록 돕기 위한 교육과정으로 실시한다. 과학 교육의 평가는 어떤 결정을 내리기 위한 관찰 · 측정 · 실험 · 조사 등으로 자료를 수집하고, 그것을 분석 · 종합 · 판단하는 과정으로 정의된다(정노식 · 이상노 · 이성언, 1995). 과학 교수 학습 현장에서는 여러 가지 목적에 따라 그리고 다양한 방법에 따라 평가가 이루어지고 있으며, 학생들은 이루어야 하는 학업 성취의 정도와 평가의 기준이 구체적으로 제시될 때 효과적으로 학습할 수 있다. 그러므로 과학 교사에게는 평가에 대한 지식과 그 기술이 필수적이다.

교육과정의 변화에 영향을 받아 최근의 과학 교육의 평가에서는 태도 및 과학 탐구의 본성에 대한 평가를 강조하고 있다. 특히 2009 개정 교육과정에서는 창의 · 인성에 대한 내용과 글쓰기 등 논술형 평가에 대한 내용이 중요하다.

## 01 평가 영역

과학에서는 과학의 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적인 태도 등 교과의 목표에서 제시한 영역에 대해 균형 있게 평가하며, 특히 다음에 주안점을 둔다.

(1) 기본 개념의 이해와 적용 능력을 평가한다.

각각의 개념에 대한 이해뿐만 아니라 그 개념을 적용할 수 있는 능력에 대한 평가를 강조하고 있다. 단편적인 개념을 외우고 있는지만 평가해서는 안 되고, 과학적 개념을 바탕으로 다양한 상황에서 문제를 해결하는 능력을 가지고 있는지 평가하도록 해야 한다.

(2) 탐구 활동 수행 능력과 이를 일상생활 문제 해결에 활용하는 능력을 평가한다.

탐구 활동 수행 능력과 이를 실생활 문제의 해결에 적용하는 능력의 평가에 초점을 맞추고 있다. 탐구 능력의 신장으로 학교에서 부딪치는 학습 문제의 해결뿐만 아니라 실생활에서 부딪치는 많은 문제들의 해결 능력까지도 키워나가야 함을 강조하고 있다.

(3) 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하려는 태도, 창의성 등을 평가한다.

## 02 평가 방법

(1) 지식 평가

① 선다형

선다형 문항은 문두와 답지의 특성에 따라 고차원적인 인지 능력도 평가할 수 있기 때문에 문두와 답지의 제작이 무엇보다 중요하다. 선다형 문항 작성 시 평가 문항의 정확성, 명확성, 편의성, 간결성과 선택형 문항의 추측 가능성 배제를 고려해야 한다.

② 서술형과 논술형

서술형 평가를 실시할 때에는 좀 더 높은 차원의 사고 능력을 요구하는 문항을 개발하는 것이 중요하다. 논술형 평가는 개인 나름의 생각이나 주장을 창의적이고 논리적이면서도 설득력 있게 조직하여 작성해야 함을 강조한다는 점에서 서술형 평가와는 구분된다. 대체로 논술형 평가에서는 서술된 내용의 깊이와 넓이뿐만 아니라 글을 조직하고 표현하는 능력까지도 동시에 평가하게 된다. 성공적인 서술형과 논술형 평가의 문항 개발을 위해서는 다음 사항을 고려할 필요가 있다(이양락, 1999).

- 문제의 의미와 출제 의도를 명확하게 하며, 가급적 문제는 짧고 분명하게 제시한다.
- 답안 작성 지침을 분명히 제시한다.
- 자유 방임형 평가보다는 응답 제한형 평가가 바람직하다.
- 모범 답안을 만들어 문제에서 제시한 조건을 충족하면서 요구하는 답안을 작성할 수 있는지 점검한다.
- 가급적 미리 채점 기준을 만들어서 평가한다.
- 만점에서 감점하는 유형보다는 의도한 반응이 나타날 때마다 가점하는 형식이 바람직하다.
- 채점 기준은 여러 가지 항목을 분석적으로 평가한 후 이를 종합하는 방식이 바람직하다.

(2) 탐구 과정 평가

① 관찰법

실험 중의 기구 조작 능력이나 실험에 임하는 태도 등은 관찰을 통해서 평가할 수 있다. 관찰은 지필 검사로 확인하기 어려운 속성, 말이나 글로 표현하기 어려운 행동 등에 관한 정보의 수집에 특히 효과적이며, 관찰의 결과는 검색표(checklist) 등으로 기록할 수 있다. 관찰에 의해 평가를 할 때에도 평가의 객관성을 유지하기 위해서 사전에 평가 항목과 점수 배당 기준표를 만들어 활용해야 한다.

② 보고서 평가

보고서는 목적, 도구 및 재료, 방법과 절차, 결과 및 분석, 결론 등을 중심으로 평가하는 것이 바람직하다. 이 역시 객관적인 평가를 위해서 사전에 평가 기준을 만들어 활용할 필요가 있다.

③ 실험 실기 평가

실험법은 어떤 과제에 대해서 학생들로 하여금 실험을 하게 한 후 그 결과 보고서를 제출하게 하는 것이고, 실기 평가는 학생들이 지식이나 기능을 직접 행동으로 나타내도록 하는 시험이다. 수행 과정과 수행 결과 중에서 어느 쪽에 중점을 두느냐에 따라 과정 중심 평가와 결과 중심 평가로 분류하기도 한다. 과정 중심 평가는 평가를 위한 지침이나 채점 기준을 가지고 평가자가 학생들의 수행 과정을 직접 관찰하여 평가하는 방식이다. 반면에, 결과 중심 평가는 학생들이 수행을 통해서 얻은 결과를 평가하는 방식이다.

④ 면담법

면담자가 피면담자를 직접 접촉하고 대화하여 심층적인 정보를 수집할 수 있는 면담법은 토의나 대화를 이용한 사고 과정과 추리 능력의 평가에 효과적이다. 그러나 많은 시간과 노력이 요구되며, 반응을 왜곡시킬 수 있어서 신뢰도와 타당도 확보가 어렵다. 그러므로 면담의 목적, 질문할 주제와 순서 등을 미리 정하고, 면담 결과의 기록과 녹화에도 유의하여야 한다.

⑤ 포트폴리오 평가

포트폴리오는 평가와 교수 학습을 통합하는 기능을 하며, 고차원적인 사고와 과학 탐구 기능의 평가에 효과적이다.

이때 다른 사람이 대신해 주거나 인터넷 등에서 베껴서 제출할 가능성을 방지하기 위해서는 결과 제출 시 그러한 결과물을 얻은 과정을 보여 주는 증거 자료도 함께 제출하게 한다. 학생의 직접 수행 여부를 판단하기 위해 결과물을 제작하는 동안에 어떤 과정을 거쳤는지, 제작에 영향을 미친 사람은 누구인지, 활동 과정 중에 예기치 못한 돌발 상황은 없었는지 등의 사항들이 보고서에 포함되도록 지도할 수도 있다.

⑶ 태도 평가

과학에 대한 관심, 흥미, 과학적 태도 등 정의적 영역에 대한 평가는 평가하는 내용이나 주제와 관련한 서술문을 긍정적이거나 부정적인 관점에서 작성하는 리커트 척도의 질문지를 활용할 수 있다. 이러한 평가는 그 결과를 객관화할 수 있다는 장점이 있다.

## 03 평가 도구 개발

평가에서 중요한 것은 평가 도구의 타당도와 신뢰도이다. 타당도는 평가 문항이 교육 또는 교수 학습의 목표를 반영하는 정도를 나타내며, 신뢰도는 하나의 검사에서 평가 도구가 정확하고 일관성 있게 측정하는 정도를 나타낸다. 좋은 평가 도구는 타당도와 신뢰도가 높다.

이를 위해 평가 도구를 동료 교사들과 공동으로 개발하는 것이 바람직하나, 여의치 않을 경우 평가 도구에 대한 검수를 반드시 받도록 해야 한다.

## 04 평가 결과의 활용

평가 결과는 학생들이 원래 계획했던 목표에 어느 정도 도달되었는지 확인하고, 성적이나 등급을 부여하는 데 활용된다. 이뿐 아니라 평가 결과는 학습 지도의 계획이나 지도 방법의 개선에 활용할 수 있다는 점에서 그 중요성이 강조되고 있다. 또한 평가 결과는 학생들의 과학 관련 진로 지도 등에도 활용될 수 있다.

## 05 평가의 절차

평가를 단지 문제를 출제하여 시험을 치르고 점수를 얻는 것만으로 인식하는 경우가 많으나, 이는 과학 학습 평가의 극히 일부분일 뿐이다. 학생들이 과학 학습 목표를 어느 정도 달성하였는지 제대로 평가하기 위해서는 체계적인 계획과 주의 깊은 평가의 실시, 평가 결과의 처리 과정을 거쳐야 한다. 첫 단계인 평가 계획을 수립할 때뿐만 아니라 이후의 각 단계에 대한 구체적인 계획을 수립하는 것이 필요하며, 평가 후에도 활용했던 문항에 대해서 난이도, 변별도 등을 기록하는 것이 바람직하다. 또한 평가 문항에 대한 수정 개선의 노력을 게을리하지 말아야 한다.

# V 연간 지도 계획안

2009 개정 교육과정의 시간 배당 기준에 의하면 학년군 및 교과군별 시간 배당은 연간 34주를 기준으로 제시되어 있다. 또한 1시간은 45분을 원칙으로, 기후 및 계절, 학생의 발달 정도, 학습 내용의 성격 등과 학교 설정을 고려하여 탄력적으로 편성 · 운영할 수 있다.

## 01 과학 ①

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 4 | Ⅰ. 과학이란? | 과학이란? | 1-1 과학과 과학자<br>1-2 과학의 발달과 생활<br>대단원 마무리 | |
| 3 ~ 5 | 19 | Ⅱ. 지구계와 지권의 변화 | 1. 지구계의 구성과 상호 작용 | 1-1 지구계의 구성 요소<br>1-2 지구계의 상호 작용 | |
| | | | 2. 지권의 물질과 변화 | 2-1 지권의 물질과 순환<br>2-2 지권의 구조와 특징<br>2-3 지권의 변화와 지각 변동<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| 5 ~ 6 | 16 | Ⅲ. 힘과 운동 | 1. 힘 | 1-1 힘의 뜻<br>1-2 여러 가지 힘<br>1-3 힘의 합력 | |
| | | | 2. 운동 | 2-1 여러 가지 운동<br>2-2 힘과 운동의 관계<br>대단원 마무리 | |
| 7 ~ 8 | 16 | Ⅳ. 광합성 | 1. 식물의 유기적 구성 | 1-1 세포의 구조와 식물체의 구성<br>1-2 잎, 줄기, 뿌리 | |
| | | | 2. 식물의 광합성과 호흡 | 2-1 식물의 광합성<br>2-2 양분의 전환과 이용<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>여름 방학 |
| 9 | 12 | Ⅴ. 열과 우리 생활 | 1. 온도와 열 | 1-1 온도<br>1-2 열평형<br>1-3 열의 이동 | |
| | | | 2. 열의 이용 | 2-1 비열<br>2-2 열팽창<br>2-3 열에너지의 이용 | |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 10<br>~<br>11 | 17 | Ⅵ.<br>분자<br>운동과<br>상태 변화 | 1. 분자 운동 | 1-1 스스로 움직이는 분자<br>1-2 압력에 따른 기체의 부피 변화<br>1-3 온도에 따른 기체의 부피 변화<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| | | | 2. 물질의 상태 변화 | 2-1 상태 변화의 종류와 특징<br>2-2 상태 변화와 분자 배열<br>2-3 상태 변화와 열에너지<br>2-4 상태 변화와 분자 운동<br>대단원 마무리 | |
| 11<br>~<br>12 | 12 | Ⅶ.<br>수권의<br>구성과<br>순환 | 1. 수권의 구성과 특징 | 1-1 수권의 분포와 특징<br>1-2 빙하와 기후 변화<br>1-3 해수의 성질 | |
| | | | 2. 해수의 순환과 해류 | 2-1 해수 순환의 원리와 기능<br>2-2 해양 자원과 보존<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>겨울 방학 |

## 02 과학 ②

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 17 | Ⅰ.<br>물질의<br>구성 | 1. 원소와 원자 | 1-1 원소<br>1-2 원소의 표현과 확인<br>1-3 원자 | |
| | | | 2. 이온 | 2-1 이온의 형성과 표현<br>2-2 앙금생성 반응<br>2-3 이온의 존재와 이용<br>대단원 마무리 | |
| 4<br>~<br>5 | 19 | Ⅱ.<br>빛과 파동 | 1. 빛 | 1-1 물체를 보는 원리<br>1-2 빛의 합성<br>1-3 거울과 렌즈 | |
| | | | 2. 파동 | 2-1 파동의 발생과 종류<br>2-2 파동의 반사와 굴절<br>2-3 소리<br>대단원 마무리 | 중간고사 |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5<br>~<br>6 | 20 | Ⅲ.<br>기권과<br>우리 생활 | 1. 기권의 구조와 특징 | 1-1 기권의 구조<br>1-2 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지<br>1-3 탄소의 순환과 지구 온난화 | |
| | | | 2. 기권의 변화 | 2-1 대기 중의 물<br>2-2 기압과 바람<br>2-3 날씨와 생활<br>대단원 마무리 | |
| 7<br>~<br>8 | 21 | Ⅳ.<br>소화 · 순환 · 호흡 · 배설 | 1. 소화와 순환 | 1-1 동물의 유기적 구성<br>1-2 영양소의 종류와 기능<br>1-3 소화와 흡수<br>1-4 혈액<br>1-5 혈관<br>1-6 심장과 혈액 순환 | |
| | | | 2. 호흡과 배설 | 2-1 호흡 기관과 호흡 운동의 원리<br>2-2 호흡과 에너지<br>2-3 노폐물의 배설<br>2-4 우리 몸에서 일어나는 일<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>여름 방학 |
| 9<br>~<br>10 | 18 | Ⅴ.<br>물질의<br>특성 | 1. 여러 가지 물질의 특성 | 1-1 순물질과 혼합물<br>1-2 녹는점과 어는점<br>1-3 끓는점<br>1-4 밀도<br>1-5 용해도 | |
| | | | 2. 혼합물의 분리 | 2-1 끓는점 차를 이용한 분리<br>2-2 밀도 차를 이용한 분리<br>2-3 용해도 차를 이용한 분리<br>2-4 크로마토그래피 | |
| 10<br>~<br>11 | 15 | Ⅵ.<br>일과<br>에너지 | 1. 일과 역학적 에너지 | 1-1 일과 일률<br>1-2 일의 원리<br>1-3 역학적 에너지 | |
| | | | 2. 에너지 전환 | 2-1 에너지와 미래 생활<br>2-2 에너지 전환과 보존<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| 11<br>~<br>12 | 18 | Ⅶ.<br>자극과<br>반응 | 1. 감각 기관 | 1-1 눈<br>1-2 귀<br>1-3 그 밖의 감각 기관 | |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 11<br>~<br>12 | 18 | Ⅶ.<br>자극과<br>반응 | 2. 신경계 | 2-1 신경계의 구성<br>2-2 자극의 전달과 반응 | |
| | | | 3. 호르몬 | 3-1 호르몬의 종류<br>3-2 항상성 유지<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>겨울 방학 |

## 03 과학 ③

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3<br>~<br>4 | 20 | Ⅰ.<br>전기와<br>자기 | 1. 전기 | 1-1 정전기 유도<br>1-2 전류 · 전압 · 저항<br>1-3 옴의 법칙<br>1-4 전기 에너지 | |
| | | | 2. 자기 | 2-1 전류에 의한 자기장<br>2-2 자기장 내의 전류가 흐르는 도선이 받는 힘<br>2-3 유도 전류<br>대단원 마무리 | |
| 4<br>~<br>5 | 14 | Ⅱ.<br>화학 반응<br>에서의<br>규칙성 | 1. 물질의 변화와 화학 반응 | 1-1 물리 변화와 화학 반응<br>1-2 여러 가지 화학 반응 | |
| | | | 2. 화학 반응에서의 질량 관계 | 2-1 질량 보존 법칙<br>2-2 일정 성분비 법칙<br>2-3 화학 반응식<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| 6<br>~<br>7 | 19 | Ⅲ.<br>태양계 | 1. 지구, 달, 태양 | 1-1 지구와 달<br>1-2 지구와 달의 운동<br>1-3 태양 | |
| | | | 2. 태양계 탐사 | 2-1 태양계의 구성<br>2-2 천체의 관측<br>대단원 마무리 | |
| 7<br>~<br>8 | 15 | Ⅳ.<br>생식과<br>발생 | 1. 세포 분열과 염색체 | 1-1 생물의 생장<br>1-2 생식세포의 형성<br>1-3 유전자와 염색체 | |
| | | | 2. 생식과 사람의 발생 | 2-1 생식의 종류<br>2-2 사람의 생식 기관<br>2-3 사람의 발생<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>여름 방학 |

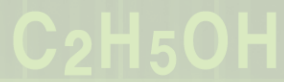
| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | 14 | V. 여러 가지 화학 반응 | 1. 산과 염기의 반응 | 1-1 산의 성질<br>1-2 염기의 성질<br>1-3 중화 반응 | |
| | | | 2. 산화 - 환원 반응 | 2-1 산소와 산화 - 환원 반응<br>2-2 일상생활에서의 산화 - 환원 반응 | |
| 10 ~ 11 | 20 | VI. 유전과 진화 | 1. 멘델의 유전 법칙 | 1-1 멘델의 유전 연구<br>1-2 멘델 법칙<br>1-3 중간 유전 | |
| | | | 2. 사람의 유전 | 2-1 사람의 유전 연구 방법<br>2-2 상염색체에 의한 유전<br>2-3 성염색체에 의한 유전 | 중간고사 |
| | | | 3. 생물의 진화 | 3-1 진화의 증거<br>3-2 진화설 | |
| | | | 4. 생물의 다양성과 분류 | 4-1 생물의 분류 방법<br>4-2 분류의 실제<br>대단원 마무리 | |
| 11 ~ 12 | 14 | VII. 외권과 우주 개발 | 1. 별 | 1-1 별의 위치와 별자리<br>1-2 별의 특징 | |
| | | | 2. 은하와 우주 | 2-1 우리은하<br>2-2 외부 은하와 우주<br>2-3 우주 개발<br>대단원 마무리 | |
| 12 | 12 | VIII. 과학과 인류 문명 | 첨단 과학 기술 | 1-1 우리 생활과 첨단 과학<br>1-2 과학과 기술 · 공학 · 예술 · 수학<br>1-3 첨단 과학과 미래 생활<br>1-4 과학이 우리 생활에 미치는 영향<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>겨울 방학 |

# VI 참고 문헌 및 인용 자료


- 교육 과학 기술부(2011). 과학과 교육과정, 교육 과학 기술부 고시 제2011-361호 [별책 9]
- 교육 과학 기술부(2011). 초 · 중등학교 교과용 도서 국검인정 구분 고시, 교육 과학 기술부 고시 제2011-29호
- 김찬종 · 채동현 · 임채성(1999). 과학 교육학 개론, 북스힐
- 박승재 · 조희형(1999). 교수 – 학습 이론과 과학 교육, 교육 과학사
- 이양락 · 김주훈 · 유준희 · 홍미영(1999). 중학교 과학과 수행 평가 시행 방안 및 자료 개발 연구(CRE99-7), 서울: 한국 교육 과정 평가원
- 정원식 · 이상노 · 이성언(1995). 현대 교육 심리학, 교육 출판사
- 조희형 · 박승재(2001). 과학론과 과학 교육, 교육 과학사
- 조희형 · 김희영 · 윤희숙 · 이기영(2011). 과학 교육의 이론과 실제, 교육 과학사
- 최돈형(2000). 물리과 평가 이론 및 수행 평가의 실제, 2000년도 중등 과학과 1 · 2급 정교사 자격 연수 안내 53-71, 서울특별시 교육 과학 연구원
- 최병순(2004). 화학 교재 연구 및 지도, 자유 아카데미
- 초 · 중등학교 교육과정 총론(2009). 교육 과학 기술부 고시 제2009-41호, 교육 과학 기술부
- 한국 교육 과정 평가원(1999). 초 · 중등학교 교과별 수행 평가의 실제(1)–총론, 수행 평가 현장 정착을 위한 세미나 자료
- 한국 교육 과정 평가원(1999). 초 · 중등학교 교과별 수행 평가의 실제(6)–과학, 수행 평가 현장 정착을 위한 세미나 자료
- Chinn C. A. & Brewer W. F.(1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction, Review of Educational Research 63, 1~49
- Scope(1995). sequence and coordination of secondary school science Vol.1, The content core: A guide for curriculum developer, Washington D.C.: NSTA(National Science Teachers Association)
- Stewart J. · Kirk J. V. · Rowell R.(1979). Concept maps: A tool for use in biology teacher 41, 171~175
- Trowbridge L. W. · Bybee R. W. · Powell J. C.(2004). Teaching secondary school science: strategies for development scientific literacy, 9th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill
- UNESCO(1994). The project 2000+declaration: The way forward
- White R.(1988). Learning science, Oxford: Basil Blackwell
- White R. & Gunstone R.(1992). Probing understanding, London: The Falmer Press
- Yager R. & Tamir P.(1992). The STS approach: reasons, intention, accomplishment and outcome, Science Education center, The universtiy of Iowa

## Ⅶ 변경 전후 용어 일람표

| 변경 전 | 변경 후 | 변경 전 | 변경 후 |
|---|---|---|---|
| 가슴관 | 가슴 림프관 | 쌍생아 | 쌍둥이 |
| 갈락토오스 | 갈락토스 | 아밀라아제 | 아밀레이스 |
| 감각기 | 감각 기관 | 아보가드로의 법칙 | 아보가드로 법칙 |
| 갑상선 | 갑상샘 | 연동 운동 | 꿈틀 운동 |
| 게르마늄 | 저마늄 | 염분비 일정의 법칙 | 염분비 일정 법칙 |
| 게이뤼삭의 법칙 | 게이뤼삭 법칙 | 염화구리(II) | 염화 구리(II) |
| 과망간산칼륨 | 과망가니즈산 칼륨 | 염화나트륨 | 염화 나트륨 |
| 관성의 법칙 | 관성 법칙 | 염화마그네슘 | 염화 마그네슘 |
| 내분비선 | 내분비샘 | 염화칼륨 | 염화 칼륨 |
| 뇌간 | 뇌줄기 | 염화칼슘 | 염화 칼슘 |
| 대뇌 수질 | 대뇌 속질 | 외분비선 | 외분비샘 |
| 대뇌 피질 | 대뇌 겉질 | 요오드 | 아이오딘 |
| 락타아제 | 락테이스 | 유문 (반사) | 날문 (반사) |
| 리파아제 | 라이페이스 | 이산화망간 | 이산화 망가니즈 |
| 림프선 | 림프샘 | 이산화탄소 | 이산화 탄소 |
| 말타아제 | 말테이스 | 일정 성분비의 법칙 | 일정 성분비 법칙 |
| 망간 | 망가니즈 | 전립선 | 전립샘 |
| 망간 단괴 | 망가니즈 단괴 | 줄기 세포 | 줄기세포 |
| 메스 실린더 | 눈금 실린더 | 중뇌 | 중간뇌 |
| 메탄 | 메테인 | 지구본 | 지구의 |
| 미뢰 | 맛봉오리 | 질량 보존의 법칙 | 질량 보존 법칙 |
| 미세포 | 맛세포 | 질산구리(II) | 질산 구리(II) |
| 보일의 법칙 | 보일 법칙 | 질산나트륨 | 질산 나트륨 |
| 부탄 | 뷰테인 | 질산은 | 질산 은 |
| 브롬 | 브로민 | 질산칼륨 | 질산 칼륨 |
| 샤를의 법칙 | 샤를 법칙 | 책상 조직 | 울타리 조직 |
| 셀룰로오스 | 셀룰로스 | 청소골 | 귓속뼈 |
| 수산화나트륨 | 수산화 나트륨 | 충수 | 막창자꼬리 |
| 수상돌기 | 가지 돌기 | 크롬 | 크로뮴 |
| 수크라아제 | 수크레이스 | 탄산나트륨 | 탄산 나트륨 |
| 스티로폼 | 스타이로폼 | 탄산수소나트륨 | 탄산수소 나트륨 |
| 신경 돌기 | 신경 섬유 | 탄산칼슘 | 탄산 칼슘 |
| 신경 세포 | 신경세포 | 펩티다아제 | 펩티데이스 |
| 신경 세포체 | 신경세포체 | 펩티드 | 펩타이드 |
| 신동맥 | 콩팥 동맥 | 프로판 | 프로페인 |
| 신장 | 콩팥 | 플루오르 | 플루오린 |
| 신정맥 | 콩팥 정맥 | 황산구리 | 황산 구리 |




# 각론








옴(Ohm, G. S. : 1789~1854)



1789년 독일 에를랑겐에서 태어났다. 1805년 에를랑겐 대학에 입학했으나 가난 때문에 중퇴하고 스위스에서 교사 생활을 하다가 1811년에 다시 대학으로 돌아와 학위를 받았다. 옴은 다양한 길이와 재질을 갖는 여러 도선들에 흐르는 전류를 측정하는 수많은 실험을 하였으며, 그 결과를 종합하여 1826년 '옴의 법칙'을 풀이한 논문을 발표하였다. 이 논문은 한동안 세상에서 인정받지 못하다가 프랑스의 과학 아카데미를 통하여 알려졌다. 옴의 법칙이 알려지면서 옴은 1841년 영국 왕립 학회로부터 코플리 메달을 수상하였고 이를 계기로 독일 학회에서도 인정을 받아 1849년에는 뮌헨 대학의 물리학 교수가 되었다. 전기 저항의 단위인 Ω(옴)은 그의 이름을 기리기 위한 것이다.

8

# I 전기와 자기

◆ 이 단원에서는

고위도 지방에서 아름답게 빛나는 오로라는 전기와 자기가 함께 만들어 낸 자연 현상이다. 전기와 자기 사이에는 어떤 관계가 있을까?

이 단원에서는 전하에 대한 이해를 바탕으로 물체가 대전되는 과정을 학습한다. 전하를 띤 두 물체 사이에는 전기력이 작용한다는 것을 이해하고 전류, 전압, 저항 사이의 관계를 알아보자.

더불어 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생기는 현상과 자기장 속에 놓인 도선이 받는 자기력 및 전자기 유도 현상에 대해서도 알아보자.

1 전기

2 자기

9

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 3~4학년군에서 자석끼리 밀고 당기는 힘, 자석의 성질 등을 포함한 '자석의 이용'을 학습하였다. 또한 5~6학년군에서 전구에 불 켜기, 전선 주변에 놓인 나침반의 모습 관찰, 전자석 만들기 등 '전기의 작용'을 학습하였다. 이 단원은 초등학교에서 학습한 소재와 현상적 경험과 연계된다.

이 단원에서는 전기와 자기와 관련된 현상을 다룬다. 초기의 과학자들은 전기와 자기 현상을 서로 관련이 없는 별개의 것으로 이해하였지만, 실험을 통하여 전류가 흐르는 전선 주변에 자기장이 생긴다는 것을 확인함으로써 이들이 서로 밀접한 관련이 있음을 알게 되었다. 전기와 자기 현상에 대한 이해를 통해 일상생활과 밀접한 관계가 있는 전기 기구들의 작동 원리를 알 수 있다.

## ▶ 단원 학습 위계

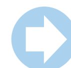
**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 자기력<br>• 자석의 성질 |
| 초등학교 5~6학년군 | • 전구에 불 켜기<br>• 전자석 만들기 |



**이번에 배울 내용**

• 정전기 유도
• 옴의 법칙과 저항의 연결
• 도선 주위의 자기장과 자기력
• 유도 전류



**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 물리 Ⅰ | • 유전 분극<br>• 패러데이 법칙 |
| 고등학교 물리 Ⅱ | • 패러데이 법칙<br>• *RLC* 회로 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 정전기 유도에 의해 물체가 대전되는 과정을 이해하고, 대전된 전하의 종류에 따라 두 물체 사이에는 서로 밀거나 당기는 정전기력이 작용함을 안다.

(나) 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알고, 이를 적용하여 저항의 직렬 연결과 병렬 연결의 특징을 이해한다.

(다) 가정에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환되어 사용되고 있음을 알고 이를 소비 전력과 관련지어 이해한다.

(라) 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 안다.

(마) 자기장내의 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘의 특성을 안다.

(바) 자석을 이용하여 전류가 발생하는 현상을 정성적으로 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상 실험하기

(나) 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특징 알아보기

(다) 직류 전동기를 이용하여 전동기와 발전기 원리 알아보기

## 단원 지도상의 유의점

1 전하를 띤 두 물체 사이에는 전하의 종류에 따라 서로 끌어당기거나 미는 전기력이 작용하는 것을 마찰 전기를 이용한 정전기 유도 현상 실험을 통해 알게 한다.

2 전기력이 원자와 분자 구조에 중요한 역할을 함을 알게 한다.

3 저항의 직렬 연결과 병렬 연결 회로에 옴의 법칙을 적용하여 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알게 한다.

4 전기 에너지의 전환 과정을 학습한 후 우리 주변에서 전기 에너지의 전환 사례를 찾아보도록 지도한다.

5 자기장과 자기력선의 의미를 이해하고 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 모양과 특성을 알게 한다.

6 전류가 흐르는 원형 도선 주위에 생기는 자기장의 방향을 결정하는 방법을 알도록 지도한다.

7 탐구를 통하여 자기장 속의 도선에 전류가 흐르면 도선에 힘이 작용함을 정성적으로 이해하게 한다.

8 전류의 방향과 자기장의 방향이 서로 수직할 때 도선이 받는 힘의 방향을 찾는 방법을 알 수 있게 지도한다.

9 도선 주위에 자기장이 변하면 도선에 전류가 발생함을 정성적으로 이해하게 한다.

10 직류 모터를 이용하여 전동기와 발전기의 원리가 서로 연관되어 있음을 알게 한다.

11 마이크, 스피커 등 전자기 유도를 이용한 전기 기구의 원리를 정성적으로 이해하게 한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용


1. 대학 물리학 II(2009), Young, H. D. and Freedman, R. A. 저, 김용은 역, 청문각, 서울
2. Matter & Interactions I(2011), Chabay & Sherwood 저, Jonh Wiley & Sons
3. 파인만의 물리학 강의(2004), 리처드 파인만 저, 박병철 역, 승산
4. 맛보기 물리학(2007), Vern J. Ostdiek 외 저, 물리 교재 편찬 위원회 역, 청문각


### ■ 읽을 책_학생용


1. 전기와 자기 밀고 당기기(2006), 한국 물리학회, 동아 사이언스
2. 청소년을 위한 유쾌한 물리상식(2009), 김기태 저, 하늘아래
3. 재미있는 물리여행(1988), 루이스 엡스타인 외 저, 백윤선 역, 김영사


### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.or.kr
3. 내셔널 지오그래픽: http://www.nationalgeographic.co.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅰ-1 전기 | 1 정전기 유도 | 10 | 1~3 /20차시 | • 탐구 활동: 마찰 전기를 이용한 정전기 유도 현상<br>• 정전기 유도 설명하기<br>• 정전기와 우리 생활 |
| | 2 전류 · 전압 · 저항 | | 4~6 /20차시 | • 전류의 방향과 전자의 이동 방향 이해하기<br>• 전류, 전압, 저항의 뜻을 비유를 통해 설명하기<br>• 미니 탐구: 전류의 세기 측정<br>• 미니 탐구: 전압의 세기 측정<br>• 과학 자료실: 물질들의 저항 비교<br>• 과학 자료실: 전기 기구와 기호 |
| | 3 옴의 법칙 | | 7~8 /20차시 | • 해 보기: 전류와 전압의 관계<br>• 과학 자료실: 전원 장치의 사용법<br>• 옴의 법칙<br>• 수학 적용하기: 전구의 저항 구하기<br>• 저항의 직렬 연결과 병렬 연결 |
| | 4 전기 에너지 | | 9~10 /20차시 | • 해 보기: 전기 에너지의 전환<br>• 전류의 열작용 이해하기<br>• 소비 전력과 전력량의 개념 이해하기<br>• STEAM: 스마트 그리드(Smart Grid) |
| Ⅰ-2 자기 | 1 전류에 의한 자기장 | 9 | 11~13 /20차시 | • 자기장의 개념 이해하기<br>• 과학 자료실: 자석의 극을 분리할 수 있을까?<br>• 과학 자료실: 자화<br>• 탐구 활동: 전류가 흐르는 직선 도선 주위의 자기장<br>• 앙페르 법칙으로 직선 도선에서 자기장의 방향 찾기<br>• 보충 · 심화: 지구 자기장을 이용하는 동물 |
| | 2 자기장 내의 전류가 흐르는 도선이 받는 힘 | | 14~16 /20차시 | • 탐구 활동: 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘<br>• 오른손을 이용하여 자기력의 방향 찾아보기<br>• 전동기의 원리 이해하기<br>• 보충 · 심화: 스피커의 원리<br>• STEAM: 로봇의 이용 |
| | 3 유도 전류 | | 17~19 /20차시 | • 전자기 유도 현상 이해하기<br>• 과학 자료실: 패러데이<br>• 탐구 활동: 전동기와 발전기의 원리<br>• 유도 전류를 이용한 기기<br>• 보충 · 심화: 전자기 발견의 역사 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 20/20차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 실험<br>관찰 | • 마찰 전기를 띠는 대전체와 금속 막대를 이용한 정전기 유도 현상을 설명할 수 있는지 관찰법으로 평가한다.<br>• 도체 내부의 전하의 이동을 정성적으로 설명할 수 있는지 평가한다. | 12~19 | 48~55 |
| 실험<br>관찰 | • 전류, 전압, 저항의 개념을 알고 있는지 평가한다.<br>• 전류계를 이용하여 전류의 세기를 측정할 수 있는지 실험과 관찰법으로 평가한다.<br>• 전압계를 이용하여 전압의 세기를 측정할 수 있는지 실험과 관찰법으로 평가한다. | 20~27 | 56~63 |
| 실험<br>자료 해석<br>토의 | • 회로의 전류와 전압을 측정하여 옴의 법칙을 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 저항의 직렬 연결과 병렬 연결에서 합성 저항을 구하고 각 저항에 흐르는 전류 및 각 저항에 걸리는 전압을 설명할 수 있는지 평가한다. | 28~33 | 64~69 |
| 조사<br>토의 | • 우리 주변에서 전기 에너지 전환의 예를 찾을 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 소비 전력과 전력량의 개념을 알고 있는지 평가한다. | 34~39 | 70~75 |
| 실험<br>관찰 | • 자성, 자기력, 자기장의 의미를 알고 있는지 평가한다.<br>• 전류가 흐르는 직선 도선 주위의 자기장의 방향을 설명할 수 있는지 실험과 관찰법으로 평가한다.<br>• 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 직선 도선과 거리가 멀어질수록 작아진다는 것을 설명할 수 있는지 평가한다. | 42~49 | 76~83 |
| 실험<br>관찰 | • 자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘의 방향을 실험과 관찰법으로 평가한다.<br>• 자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘의 세기와 자기장의 세기 및 전류의 세기의 관계에 대해 설명할 수 있는지 평가한다. | 50~55 | 84~89 |
| 실험<br>탐구<br>토의 | • 탐구를 통해 전동기와 발전기의 구조는 근본적으로 같다는 것을 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 유도 전류를 이용한 생활 주변의 예를 찾아서 그 원리를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 56~63 | 90~97 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 64~67 | 98~101 |

# 1-1 정전기 유도

## 학습 내용 안내

(1) 물체가 대전되는 과정을 안다.

(2) 대전된 전하의 종류에 따라 두 물체 사이에 전기적 인력이나 척력이 작용함을 안다.

(3) 정전기 유도 현상의 원리를 알고 정전기 유도 현상을 이용하여 물체를 대전시키는 과정을 설명한다.

(4) 일상생활에서 정전기로 인하여 생기는 불편한 점을 알고, 정전기를 이용한 예를 찾아본다.

## 학습 전개

원자의 구조를 알게 하고, 정전기가 발생하는 원리를 이해하게 한다.



마찰시킨 물체가 띠는 전하의 종류를 대전열로 구별할 수 있게 한다.



정전기 유도의 원리와 검전기의 이용 방법을 알게 한다.



일상생활에서 정전기로 인한 불편 사항의 해결 방법과 정전기의 편리한 점에 대해 생각해 보게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

호박을 문질렀을 때 먼지가 달라붙는 현상에 의문을 갖게 하고 정전기 유도 현상에 대하여 자연스럽게 생각해 볼 수 있도록 지도한다.

### 찾아보기

- 만화로 끝내는 과학 교과서 카툰과학 물리 2(2008), 주경훈 저, 어진 교육

I. 전기와 자기

# 1-1 정전기 유도



**학습 목표**

- 정전기 유도에 의해 물체가 대전되는 과정을 설명할 수 있다.
- 대전된 두 물체 사이에는 정전기력이 작용함을 설명할 수 있다.

옛날 사람들은 아름다운 광택을 내는 호박을 장식품으로 사용하였다. 호박은 나무에서 흘러나온 액이 돌처럼 굳어진 것이다.

호박을 장식품으로 만드는 마지막 과정은 헝겊으로 호박의 표면을 문질러 작은 티끌이나 먼지를 닦아 내는 것이었는데, 닦을수록 티끌이나 먼지 등이 오히려 호박에 달라붙었다.

이러한 현상은 왜 일어나는 것일까?



**인터넷 과학 세상**

한국 전기 박물관(http://www.kepco.co.kr/museum)

검색 마찰 전기

## 정전기

헝겊으로 문지른 호박에 먼지가 달라붙는 이유는 마찰에 의해 호박이 전기를 띠기 때문이다. 이와 같이 마찰에 의해 발생되는 전기를 **마찰 전기**라고 하는데, 마찰 전기는 전선 속을 흐르는 전기와 달리 물체에 머물러 있기 때문에 **정전기**라고도 한다.

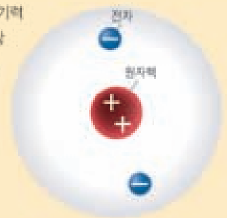
전기 현상의 원인이 되는 성질을 **전하**라고 하며, 전하에는 양(+)전하와 음(−)전하가 있다. 정전기 현상은 물질 속에 있는 (+)전하와 (−)전하의 작용으로 일어난다.

모든 물질은 원자라고 하는 매우 작은 알갱이로 구성되어 있다. 원자는 중심에 (+)전하를 띤 원자핵이 있고, 그 주위에 (−)전하를 띤 전자들이 있다. 보통의 물질은 (+)전하와 (−)전하의 양이 같아서 전기를 띠지 않는다.

**과학 자료실** 원자의 구조

(+)전하를 띤 원자핵과 (−)전하를 띤 전자 사이에는 전기력이 작용한다. 전기력은 원자의 구조를 이해하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 전자가 운동하고 있지 않으면 원자핵과 전자의 전기력에 의하여 전자는 원자핵으로 끌려갈 것이다. 하지만 전자는 원자핵 주위에서 운동하고 있으며, 전자들 사이에는 서로 척력이 작용하므로 전자들은 넓게 흩어져 있다.

원자들이 모여서 분자를 구성할 때에도 전자들 사이의 척력과 전자와 원자핵 사이의 인력 등에 의하여 여러 가지 분자들이 만들어진다.




12 I. 전기와 자기

## 심화 학습 원자의 구조

(1) 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되어 있다.

(2) 양성자는 (+)전하를 띠고, 중성자는 전하를 띠지 않는다.

(3) 양성자 1개와 전자 1개가 띠는 전하의 양은 같고 그 부호는 반대이다.

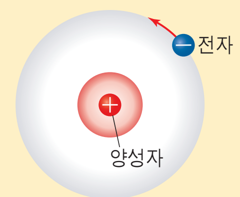
(4) 양성자나 전자 1개가 갖는 전하량은 $1.6 \times 10^{-19}$C으로, 이것은 물체가 가질 수 있는 전하량의 최소 단위이다.

＊전하량의 단위: C(쿨롬)

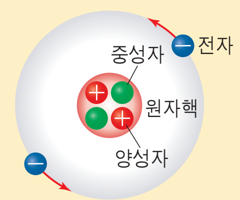
(5) 원자핵 속의 양성자의 수와 원자핵 주위를 돌고 있는 전자의 수는 같다.

(6) 양성자가 가진 전체 (+)전하량과 전자가 가진 전체 (−)전하량이 같으므로 보통 원자는 전기를 띠지 않는다.

(7) 원자핵으로부터 먼 전자일수록 원자핵에 끌리는 힘이 약해서 원자 밖으로 튀어나가기 쉽다.




❸ 원자 구조의 예(수소)




❹ 원자 구조의 예(헬륨)

서로 다른 두 물체를 마찰시키면 두 물체 모두 전기를 띠게 된다. 이것은 한 물체에서 다른 물체로 전자가 이동하였기 때문이다. 이때 전자를 잃은 물체는 (+)전하를 띠고, 전자를 얻은 물체는 (−)전하를 띤다. 예를 들어 털가죽에 에보나이트 막대를 문지르면 털가죽에 있던 일부 전자가 에보나이트 막대로 이동하면서 털가죽은 (+)전하를 띠게 되고, 전자를 얻은 에보나이트 막대는 (−)전하를 띠게 된다. 이와 같이 물체가 전기를 띠게 되는 현상을 **대전**이라고 하며, 대전된 물체를 **대전체**라고 한다.

한편, 대전된 전하의 종류에 따라 같은 전하를 띤 물체 사이에는 미는 힘인 척력이 작용하고 서로 다른 전하를 띤 물체 사이에는 당기는 힘인 인력이 작용한다. 이처럼 정전기를 띤 물체 사이에 밀거나 당기는 힘을 **정전기력**이라고 한다.

스스로 해결하기
아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.

두 물체를 마찰하여 전자를 잃은 물체는 (−)전하를 띠고 전자를 얻은 물체는 (+)전하를 띤다.

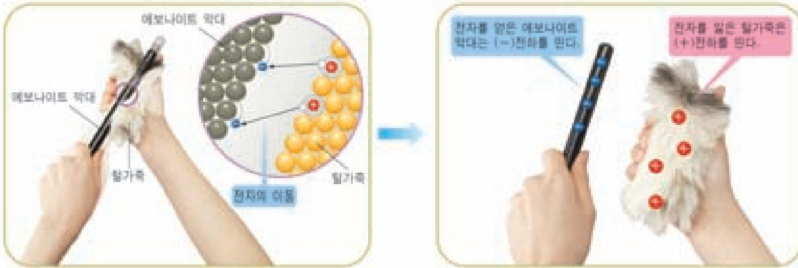


그림 Ⅰ-1 털가죽과 에보나이트 막대를 마찰시킨 경우

서로 다른 두 물체를 마찰시키면 물체 사이에 전자가 이동하는데, 이때 전자를 잃기 쉬운 순서대로 나열한 것을 **대전열**이라고 한다.

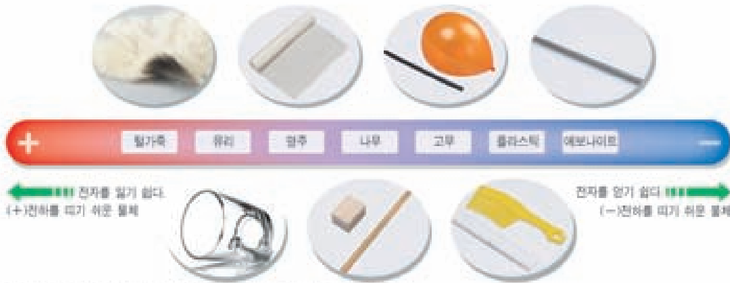


그림 Ⅰ-2 대전열_ 마찰시킬 때 전자를 잃기 쉬운 순서대로 나열한 것이다.

1. 전기 13

### 스스로 해결하기

두 물체를 마찰하여 전자를 잃은 물체는 (−)전하를 띠고 전자를 얻은 물체는 (+)전하를 띤다.

답 잃은, 얻은 → 얻은, 잃은

## 관련 지식

### ❀ 금속 물질에서 전자의 분포

(−)전하로 대전된 구리 공이 있다. 이때 전자는 구리 공 안의 모든 전자들로부터의 거리가 최대가 되도록 위치한다. 따라서 전자들은 항상 구리 공의 바깥 표면을 따라 분포한다.

또 구리 공 속의 전자는 먼 거리에 있는 전자들과 서로 상호 작용이 가능하다. 즉, 구리 공 속의 전자는 구리 공에 멀리 떨어져 있는 전자에도 힘을 가할 수 있다.



❷ 대전된 구리 공의 전하 분포

## 보충 학습 대전열과 정전기

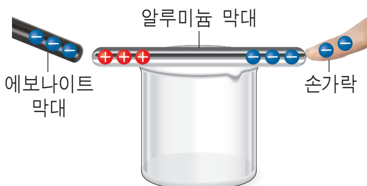
(1) 대전열에서 서로 멀리 떨어진 물체일수록 마찰할 때 정전기가 잘 발생한다.
(2) 금속은 전자를 잘 이동시키므로 서로 마찰시켜도 정전기가 발생하지 않는다. 따라서 대전열에는 금속 물질이 포함되어 있지 않다.
(3) 정전기는 한 물체에서 다른 물체로 전자가 이동하여 발생하므로 마찰시킨 두 물체는 각각 다른 종류의 전기를 띠며 한 물체가 잃은 (−)전하의 양만큼 다른 한 물체는 (+)전하를 띠게 되므로 마찰시킨 두 물체가 띤 전하의 양은 같다.
(4) 마찰을 통해 띠게 되는 전하량의 크기는 얼마나 오랫동안 마찰시키는가에 달려 있을 뿐 아니라, 물체가 산화물인지의 여부, 물체에 불순물이 섞여 있는지의 여부, 표면의 거칠기 정도에 따라서도 달라진다.
(5) 실험을 통해 알아낸 더 자세한 대전열(Triboelectric series)은 오른쪽과 같다.

(+)
공기 → 사람 피부 → 아크릴 → 합성수지 → 동물 가죽 → 토끼털 → 유리 → 석영 → 운모 → 머리카락 → 나일론 → 양털 → 납 → 고양이털 → 비단(명주) → 알루미늄 → 종이 → 면 → 강철 → 나무 → 호박 → 아교풀 → 폴리에틸렌 → 고무풍선 → 송진 → 경질 고무 → 니켈 → 구리 → 황 → 놋쇠 → 은 → 금 → 백금 → 아세테이트 → 레이온 → 합성 고무 → 폴리에스터 → 스타이로폼 → 포장 랩 → 폴리우레탄 → 폴리에틸렌 → 폴리프로필렌 → PVC → 실리콘 → 에보나이트
(−)




### ❀ 알루미늄 막대를 (+)전하로 대전시키는 방법

(1) 전기를 띠지 않은 비커와 대전되지 않은 알루미늄 막대를 준비하고 알루미늄 막대를 비커 위에 올려놓는다.
(2) 에보나이트 막대를 털가죽으로 문질러서 (−)전하로 대전시킨다.
(3) 아래 그림과 같이 에보나이트 막대를 알루미늄 막대에 가까이 한 상태에서 손가락을 알루미늄 막대에 접촉시킨다.
(4) 알루미늄 막대에 있던 (−)전하의 일부가 손가락을 통해 이동한 상태에서 에보나이트 막대와 손가락을 동시에 멀리 치운다.
(5) 알루미늄 막대는 (+)전하로 대전된다.



ⓐ (+)전하로 대전시키기

### ❀ 알루미늄 막대를 (−)전하로 대전시키는 방법

(1) 대전되지 않은 알루미늄 막대를 비커 위에 올려놓는다.
(2) 유리 막대를 명주 헝겊으로 문질러서 (+)전하로 대전시킨다.
(3) 아래 그림과 같이 유리 막대를 알루미늄 막대에 가까이 한 상태에서 손가락을 알루미늄 막대에 접촉시킨다.
(4) 손에 있던 (−)전하의 일부가 손가락을 통해 알루미늄 막대로 들어온 상태에서 에보나이트 막대와 손가락을 동시에 멀리 치운다.
(5) 알루미늄 막대는 (−)전하로 대전된다.



ⓐ (−)전하로 대전시키기

**정전기 유도**

물체를 대전시키는 방법에는 물체를 서로 마찰시키는 방법 외에도 정전기력을 응용한 정전기 유도가 있다. 정전기 유도에 대하여 자세히 알아보자.

**탐구 활동** 마찰 전기를 이용한 정전기 유도 현상

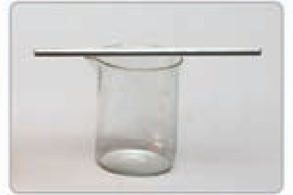
**목표**
마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상이 일어나게 할 수 있다.

**준비물**
에보나이트 막대, 알루미늄 막대, 유리 막대, 고무풍선, 비커, 스탠드, 실, 털가죽, 명주 헝겊

**유의점**
1. 맑고 건조한 날에 실험하는 것이 좋다.
2. 과정 ❻에서 고무풍선이 스탠드에 닿지 않도록 주의한다.
3. 과정 ❻에서 고무풍선이 매달린 스탠드를 움직일 때에는 풍선이 흔들리지 않도록 천천히 이동시킨다.

**과정**


❶ 고무풍선을 실로 연결한 후 스탠드에 매단다.


❷ 비커 위에 알루미늄 막대를 올려놓는다.


❸ 에보나이트 막대를 털가죽으로 문질러 (−)로 대전시킨다.


❹ (−)로 대전시킨 에보나이트 막대를 알루미늄 막대에 가까이 가져간다.

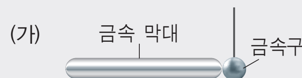

❺ 고무풍선을 털가죽으로 문질러 (−)로 대전시킨다.


❻ 고무풍선을 매단 스탠드를 잡고 멀리서부터 과정 ❹의 알루미늄 막대 근처로 천천히 옮긴다.

14 Ⅰ. 전기와 자기

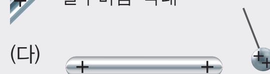
**이런 실험도 가능해요!** 전기적 척력 현상 관찰하기

**| 과정 |**
(1) 그림 (가)와 같이 금속 막대에 가벼운 금속구를 접촉시켜 놓는다.









ⓐ 전기적 척력 현상

(2) 그림 (나)와 같이 금속 막대에 (+)전하로 대전된 알루미늄 막대를 접촉한다.
(3) 그림 (다)와 같이 알루미늄 막대를 멀리 치운다.

**| 결과 및 해석 |**
(1) (+)전하를 띤 알루미늄 막대를 접촉시키면 모두 (+)전하를 띠면서 척력으로 금속구가 밀린다.
(2) 알루미늄 막대를 치워도 (+)전하를 띤 금속 막대와 금속구 사이에는 척력이 작용한다.

**한 걸음 더**

과정 ❸에서 털가죽으로 문지른 에보나이트 막대 대신 명주 헝겊으로 문지른 유리 막대를 사용하여 **과정 ❹, ❺, ❻**을 수행하면 고무풍선은 어느 쪽으로 힘을 받을까?

**결과**

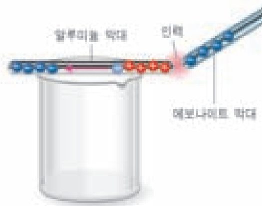
과정 ❻에서 고무풍선은 어느 쪽으로 힘을 받는가?

**해석** 창의 · 인성

1 금속 막대에 대전체를 가까이 하면 대전체와 가까운 쪽과 먼 쪽은 각각 어떤 종류의 전기가 유도될까?

2 고무풍선을 알루미늄 막대에 가까이 가져갔을 때 힘을 받는 이유를 설명해 보자.

오른쪽 그림과 같이 (−)전하로 대전된 에보나이트 막대를 알루미늄 막대 근처에 가까이 하면, 전기력에 의해 알루미늄 막대 내부에 있는 전자가 이동한다. 즉, 전자들이 에보나이트 막대의 (−)전하에 의해 밀려나 알루미늄 막대의 왼쪽은 (−)전하, 오른쪽은 (+)전하를 띠게 된다. 이처럼 대전체를 도체에 가까이 할 때, 대전체에서 가까운 쪽은 대전체와 다른 종류의 전기를 띠고, 대전체에서 먼 쪽은 대전체와 같은 종류의 전기를 띠는 현상을 **정전기 유도**라고 한다.




❸ 그림 Ⅰ-3 정전기 유도

이러한 정전기 유도 현상을 이용하면 물체를 마찰시키지 않고도 대전시킬 수 있다. 예를 들어, 아래 그림과 같이 붙어 있는 두 금속구의 왼쪽 편에 (+)전하를 띤 대전체를 가까이 하면 (−)전하를 띤 전자가 왼쪽 금속구 쪽으로 이동한다. 이때 대전체를 가까이 한 상태에서 두 금속구를 분리시키면 왼쪽 금속구는 (−)전하를 띠고, 오른쪽 금속구는 (+)전하를 띤다.




❹ 그림 Ⅰ-4 정전기 유도에 의한 대전

1. 전기 15

## 과학 돋보기

### ❀ 피뢰침

피뢰침은 구름이 띤 정전기가 피뢰침을 통해 지면으로 이동하도록 하여 벼락이 쳤을 때 일어나는 사고를 방지하는 장치이다. 벼락은 지상의 뾰족한 부분에 떨어지기 쉬워서, 천둥 번개가 칠 때 운동장에서 우산을 쓰고 있거나 비를 피하기 위해 커다란 나무 밑에 있으면 벼락에 맞을 확률이 더 높다. 농촌의 들판에 있는 원두막은 벼락 맞기에 쉬운 곳 중 하나이다. 그러므로 높은 건물의 지붕이나 옥상 등 벼락 치기 쉬운 곳에 인공적으로 뾰족한 점을 만들면 벼락을 땅으로 안전하게 유도하여 피해를 막을 수 있다.



❹ 피뢰침

### ❀ 피뢰침을 세웠을 때 (+)전하의 분포

피뢰침을 세운 건물 주변이 (+)전하로 분포되어 있을 때, (+)전하들은 서로 멀리 떨어져 있는 상태로 분포하게 된다. 즉, 피뢰침 끝에 (+)전하들이 매우 많이 모이게 된다. 따라서 번개가 칠 때에는 피뢰침 끝으로 (−)전하를 띤 전자가 이동하게 된다.

## 탐구 활동 탐구

**| 목표 |**

마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상이 일어나게 할 수 있다.

**| 유의점 |**

1 맑고 건조한 날에 실험하는 것이 좋다.
2 대전체를 도체 가까이에 둔 상태에서 손이 도체에 닿지 않도록 유의한다.

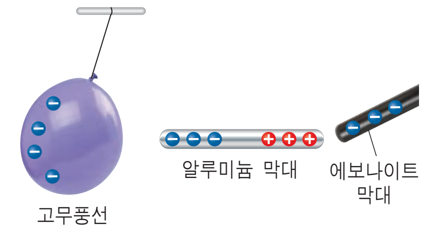
**| 결과 |**

고무풍선은 알루미늄 막대와의 척력에 의해 에보나이트 막대의 반대쪽으로 밀려난다.

**| 해석 |** 창의 · 인성

1 금속 막대에 대전체를 가까이 하면 대전체와 가까운 쪽은 대전체와 다른 종류의 전기를 띠고, 대전체와 먼 쪽은 대전체와 같은 종류의 전기를 띤다.
2 알루미늄 막대의 오른쪽에 (−)로 대전된 에보나이트 막대를 가까이 하면 정전기 유도에 의하여 알루미늄 막대의 왼쪽이 (−)로 대전되어 고무풍선이 왼쪽으로 밀려난다.

※ 고무풍선이 힘을 받는 이유에 대한 질문을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.




**| 한 걸음 더 |**

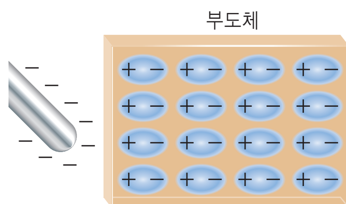
명주 헝겊으로 문지른 유리 막대는 (+)전하를 띠므로 알루미늄 막대의 오른쪽은 (−)전하, 왼쪽은 (+)전하를 띠게 된다. 이때 (−)전하를 띤 고무풍선을 가까이 하면 알루미늄 막대와 고무풍선 사이에는 인력이 작용하여 고무풍선은 알루미늄 막대 쪽으로 끌려온다.



과학 돋보기

## 부도체에서의 정전기 유도

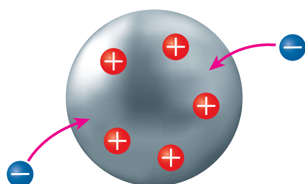
빗으로 머리카락을 빗어 빗에 마찰 전기를 띠게 한 후에 빗을 종잇조각에 가까이 가져가면 종잇조각이 빗에 달라붙는다. 종이와 같은 부도체는 내부에 자유롭게 움직일 수 있는 전기적 입자, 즉 자유 전자가 없다. 그런데 대전체를 가까이 하면 부도체 표면에 불규칙하게 분포하던 (+)전하와 (−)전하가 한 방향으로 정렬되면서 대전체와 가까운 쪽으로는 대전체와 반대 종류의 전하가 배열된다. 아래 그림처럼 부도체에 (−)대전체를 가까이 하면 극성을 띤 분자들이 재배열되면서 대전체와 가까운 쪽에는 (+)전하가 몰리게 되므로 대전체와 부도체 사이의 알짜힘은 인력으로 작용한다.




▲ 부도체 내부의 전하 배열

**| 용어 설명 |**

**방전** 대전되어 금속박이 벌어져 있는 검전기를 공기 중에 오랫동안 방치해 두면 검전기가 전기를 잃고 금속박이 다시 오므라든다. 이와 같이 대전체가 전기를 잃게 되는 현상을 방전이라고 한다. 이때 (+)대전체는 공기 중의 전자가 들어와서 방전되고 (−)대전체는 대전체의 전자가 공기 중으로 빠져나가서 방전된다. 공기 중의 수증기가 대전체와 공기 사이에서 전자의 이동을 도와주므로 공기 중에 수증기가 많을수록 방전이 더 잘 된다. 따라서 습도가 높을 때보다 습도가 낮을 때 정전기도 잘 발생하게 된다.



▲ (+)대전체의 방전

정전기 유도 현상은 도체뿐만 아니라 종잇조각이나 고무풍선, 물줄기 등의 부도체에 대전체를 가까이 할 때에도 관찰할 수 있다. 다만 이 경우에는 전자가 이동하는 것이 아니라 원자 내의 전자가 정전기력을 받아 한쪽 방향으로 치우치는 것이다.




▲ 그림 I-5 정전기 유도 현상(부도체)_ 대전된 물체를 부도체에 가까이 할 때에도 정전기 유도 현상을 관찰할 수 있다.

**검전기** 금속 막대에 부착된 두 개의 금속박을 유리병 안에 넣어서 만든 기구

검전기를 이용하면 정전기 유도 현상을 쉽게 관찰할 수 있다.

전기를 띠지 않은 검전기의 금속판에 대전되지 않은 물체를 가까이 하면 금속박은 아무 변화가 없다. 그러나 대전체를 금속판에 가까이 하면 금속박이 벌어진다. 따라서 금속박을 관찰하면 금속판에 가까이 한 물체가 전기를 띠었는지 띠지 않았는지 알 수 있다.

예를 들어, (−)전하로 대전된 물체를 금속판에 가까이 하면 금속판에 있는 전자들은 척력에 의해 금속박 쪽으로 밀려난다.



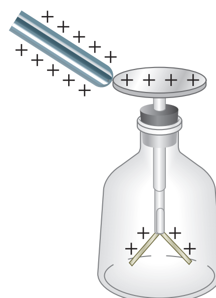

▲ 그림 I-6 검전기의 구조

16 I. 전기와 자기

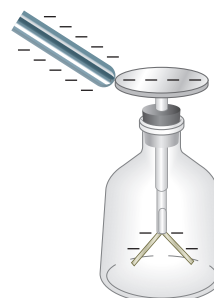



## 검전기로 알 수 있는 사실

방전시켜서 중성으로 만든 검전기의 금속판에 대전체를 접촉시키면 검전기의 금속박은 대전체와 같은 종류의 전하를 띠면서 벌어진다. 이때 대전체가 띤 전하의 양이 많을수록 금속박은 더 벌어지기 때문에 벌어진 정도를 통해 대전량을 가늠할 수 있다.



▲ (+)대전체를 접촉시킨 경우



▲ (−)대전체를 접촉시킨 경우

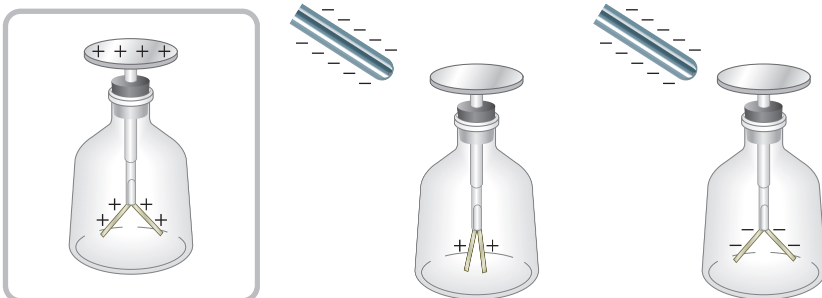
대전체를 접촉시키지 않고 접근만 시키면 금속박은 대전체와 같은 종류의 전하를 띤다.

따라서 (−)전하로 대전된 물체와 가까운 금속판은 (+)전하를 띠고, 상대적으로 먼 금속박은 (−)전하를 띤다. 이때 두 금속박이 모두 (−)전하를 띠므로 서로 척력이 작용하여 금속박이 벌어지는 것이다. 금속박은 대전체의 전하량이 많을수록 더 많이 벌어진다.

아래 그림은 검전기를 이용하여 대전체의 대전 상태와 정전기 유도 현상을 알아보는 과정이다.




(+)전하로 대전된 검전기에 (−)대전체를 가까이 하면 정전기 유도 현상에 의해 전자들이 금속박 쪽으로 몰리므로 금속박이 닫히게 된다. (−)대전체를 더 가까이 하면 더 많은 전자들이 금속박 쪽으로 이동하면서 이번에는 전자들끼리의 척력에 의해 금속박이 다시 벌어진다.



(+)전하로 대전된 검전기 (−)대전체를 가까이 한 경우 (−)대전체를 더 가까이 한 경우

(+)전하로 대전된 검전기에 손가락을 갖다 대면 접지 효과가 생겨서 전자들이 손가락에서 이동하여 금속박이 닫힌다. 반대로 (−)전하로 대전된 검전기에 손가락을 갖다 대어도 같은 접지 효과가 생겨 금속박이 닫힌다. 어떤 경우라도 손을 대면 검전기는 방전된다.

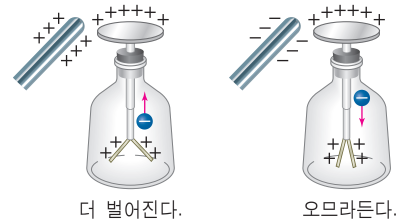



### 대전체가 띤 전하의 종류 알아보기

대전체를 전기를 띤 검전기에 가까이 가져갈 때 금속박의 움직임을 보고 대전체가 띤 전하의 종류를 알 수 있다.

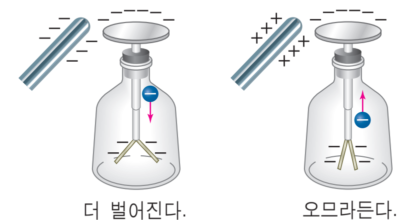
**(1) (+)전하로 대전된 검전기를 이용한 경우**

금속박이 더 벌어지면 대전체의 전하는 (+)전하이고, 금속박이 오므라들면 대전체의 전하는 (−)전하이다.




**(2) (−)전하로 대전된 검전기를 이용한 경우**

금속박이 더 벌어지면 대전체의 전하는 (−)전하이고, 금속박이 오므라들면 대전체의 전하는 (+)전하이다.

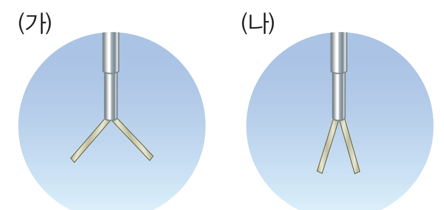



## 관련 지식

### 검전기를 이용한 대전체의 전하량 조사

대전체가 띠는 전하량이 많을수록 전자는 더 센 전기력을 받는다.

대전체를 검전기 가까이 가져갈 때 아래 그림 (가)와 같이 금속박이 많이 벌어지면 대전된 전하의 양이 많은 것이고, 그림 (나)와 같이 금속박이 적게 벌어지면 대전된 전하의 양이 적은 것이다.




대전된 양이 많을 때 _ 금속박이 많이 벌어진다.

대전된 양이 적을 때 _ 금속박이 적게 벌어진다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 정전기 현상의 예

**(1) 쭈뼛 서는 머리카락**

• **현상:** 건조한 날 긴 머리카락은 빗으로 빗을수록 부풀어 오른다. 이는 머리카락들이 같은 종류의 전기를 띠고 서로 밀어 내기 때문이다.

• **해결 방법:** 머리에 보습제를 발라 주면 머리카락이 전기를 잃고 가라앉는다.

**(2) 전자 제품의 먼지**

• **현상:** 텔레비전과 같은 전자 제품에 묻어 있는 먼지는 전자 제품과 먼지가 서로 다른 전기를 띠고 달라붙어 있어 잘 떨어지지 않는다.

• **해결 방법:** 전자 제품의 먼지는 걸레로 닦는 것보다 전기를 띤 먼지떨이를 사용하는 것이 효과적이다. 비닐로 만든 먼지떨이를 손으로 문지르면 먼지떨이의 비닐들이 전기를 띠고 서로 밀어내므로 부풀어 오른다. 이 상태로 전자 제품의 먼지를 닦아 내면 먼지가 먼지떨이에 잘 달라붙어 먼지를 쉽게 제거할 수 있다.



먼지떨이



정전기와 우리 생활

우리는 정전기 때문에 때로 불편을 겪기도 한다. 또 정전기는 전자 제품을 만들 때 불량의 원인이 되거나 기계 오작동의 원인이 되기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 정전기 방지 제품들이 개발되었다.

다음은 우리 생활에서 정전기 때문에 일어나는 여러 가지 불편한 예와 이를 해결하기 위해 만들어진 제품들이다.

| 불편한 예 | 제품 |
|---|---|
| 치마와 스타킹의 마찰에 의해 생기는 정전기 | ➔ 섬유 유연제 등은 마찰 전기를 줄여 준다. |
| 공기 또는 지면과의 마찰에 의해 자동차 표면에 생기는 정전기 | ➔ 쇠 고리를 땅에 끌리도록 매달면 정전기가 땅으로 방전된다. |
| 반도체 공장 등에서 옷이나 공기 또는 부품과의 마찰에 의해 생기는 정전기 | ➔ 마찰 전기가 생기지 않도록 제작된 옷을 입는다. |



그림 Ⅰ-8 정전기와 우리 생활

18 Ⅰ. 전기와 자기

**(3) 옷을 벗을 때 나는 소리**

• **현상:** 건조한 날 입었던 옷을 벗을 때 옷에서 따다닥 소리가 나는 경우가 있다. 이것은 겉옷과 속옷 사이에서 전자들이 이동하면서 나는 소리이다.

• **해결 방법:** 스웨터를 맨살에 입거나 세탁 시 섬유 유연제를 사용하면 방전되거나 마찰이 줄어 이런 현상을 방지할 수 있다.

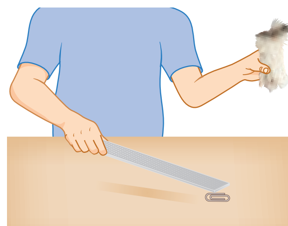
## | 용어 설명 |

**접지** 정전기 유도로 검전기를 대전시킬 때, 금속판에 손을 대는 것과, 세탁기와 같은 전기 기구를 도선으로 땅과 연결하는 것을 접지라고 한다. 접지는 대전체를 전기적으로 중성으로 만든다. 따라서 접지를 이용하면 정전기 유도를 방지할 수 있다.

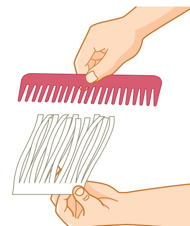
### ✚ 참고 자료 정전기 놀이

(1) **소리 내는 클립** 플라스틱 자를 털가죽으로 세게 여러 번 문지른 다음 책상 위에 놓인 클립에 접촉시키면 플라스틱 자의 전자가 클립으로 이동하면서 따다닥거리는 소리를 낸다.

(2) **춤추는 종잇조각** 종이의 한쪽을 머리빗 모양으로 길게 자른 후 머리를 여러 번 빗은 빗을 종이 근처에 가져가 보면 종잇조각들이 머리빗을 따라 흔들린다.



소리 내는 클립



춤추는 종잇조각

한편, 정전기는 생활에 편리한 제품을 만들 수 있는 과학적 원리가 되기도 한다. 예를 들어, 정전기의 원리를 이용하면 자동차에 페인트칠을 쉽게 할 수 있다. 또 비닐 랩이나 복사기 등에 정전기의 원리가 이용되기도 한다.

자동차에 페인트칠을 할 때 페인트는 분사기를 통해 자동차에 뿌려진다. 이때 페인트 알갱이들은 분사기 입구를 통과하는 동안 마찰에 의해 (−)전하를 띤다. 자동차 표면을 (+)전하로 대전시켜 놓으면 페인트 알갱이들이 인력에 의해 자동차 표면에 골고루 달라붙게 된다.



그림 Ⅰ-9 자동차에 페인트칠하기　　그림 Ⅰ-10 복사기

감겨 있던 비닐 랩을 잡아당기면 랩과 랩이 떨어지면서 전기를 띤다. 떨어져 나온 비닐 랩은 (−)전하를 띠는데 이 비닐 랩을 그릇에 가까이 하면 그릇에는 (+)전하가 유도되어 비닐 랩이 그릇에 잘 달라붙는다.



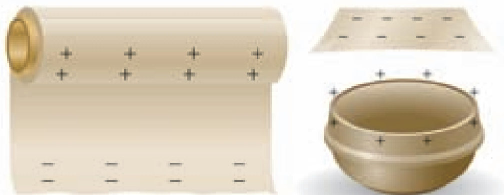



그림 Ⅰ-11 비닐 랩 포장

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 개념 응용하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 정전기 유도에 의하여 검전기의 금속판과 금속박을 (+)전하로 대전시키는 방법을 설명해 보자. | 감겨 있던 비닐 랩을 잡아당겨 (−)전하로 대전된 검전기에 가까이 가져가 보자. 비닐 랩이 띠고 있는 전기의 종류는 무엇인가? | 생활 속에서 일어나는 정전기 피해를 방지하기 위하여 개발된 제품의 원리를 알아보자. |

1. 전기　19

## 역사 속의 과학

### 프랭클린의 연 실험

18세기의 유럽에서는 라이덴 병에 충전된 전기가 방전할 때 빛과 소리를 내는 전기 현상에 대한 여러 가지 실험이 실행되었다.

프랭클린(Franklin, B. ; 1706~1790)은 번개가 치는 현상도 라이덴 병에 의한 방전 현상과 같은 현상이라고 믿고 번개가 전기를 방전한다는 것을 증명하였다. 그는 연에 철사를 매고 뇌우가 접근하는 것을 확인한 후 하늘에 연을 띄웠다.

연줄과 손으로 잡을 명주 리본 사이에 쇠로 된 큰 열쇠를 매달았다. 그리고 전류가 흘러내리는 징조가 나타났을 때 손가락을 열쇠에 대어 전기 불꽃이 발생하는 것을 확인하였다. 프랭클린의 이 실험을 계기로 피뢰침이 발명되었다.



프랭클린의 연 실험

## 자·기·주·도·학·습

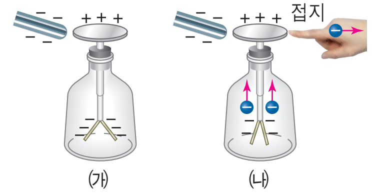
### ▶ 개념 확인하기

다음 과정으로 정전기 유도에 의하여 검전기의 금속판과 금속박을 (+)전하로 대전시킬 수 있다.

(1) 그림 (가)와 같이 검전기에 (−)대전체를 가까이 가져가면 정전기 유도에 의하여 금속판은 (+)로, 금속박은 (−)로 대전된다.

(2) 그림 (나)와 같이 (−)대전체를 가까이 한 채로 손가락을 금속판에 접촉하면 전자가 손가락으로 이동한다.

(3) (−)대전체와 손가락을 동시에 금속판에서 멀리 치우면 금속판과 금속박이 모두 (+)로 대전된다.




검전기의 대전

### ▶ 개념 응용하기

잡아당겨진 비닐 랩을 (−)전하로 대전된 검전기에 가까이 가져가면 검전기의 금속박이 더 벌어진다. 따라서 잘라 낸 비닐 랩은 (−)전하를 띠고 있다는 것을 알 수 있다.

### ▶ 과학과 생활 연관 짓기

정전기 방지용으로 개발된 스프레이, 로션 등의 제품은 습도를 높여 정전기 발생 자체를 감소시키는 제품이다.

정전기 방지용으로 개발된 매트, 신발, 장갑, 옷, 자동차 열쇠 등의 제품은 정전기를 가는 전선으로 방전시키는 제품이다.

또 피뢰침이 있다. 대기층에서 대류 현상이 빠르게 일어날 때 구름이 정전기를 띠게 되며 피뢰침이 없는 경우는 구름 속의 전자가 지면의 구조물이나 사람을 통해 흘러 피해를 주지만, 피뢰침을 설치하면 구름 속의 전자가 피뢰침을 통하여 지면으로 흐르게 된다.

# 1-2 전류·전압·저항

## | 학습 내용 안내 |

(1) 전류를 이해하고 전류의 방향과 전자의 이동 방향에 대하여 안다.

(2) 전압과 저항의 특성을 이해하고 전류와의 관계를 안다.

## | 학습 전개 |

검전기를 이용하여 전류가 전자의 이동에 의해 발생함을 이해하게 한다.



전류의 방향과 전자의 이동 방향이 서로 반대임을 이해하게 한다.



전압에 의해 전류가 흐르게 됨을 이해하게 한다.



저항의 특성과 저항이 전류에 미치는 영향을 이해하게 한다.



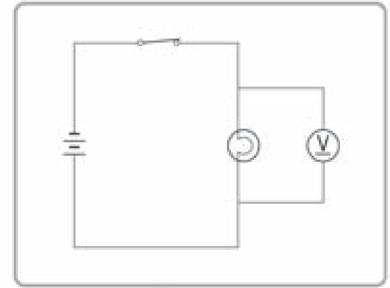
# 1-2 전류 · 전압 · 저항

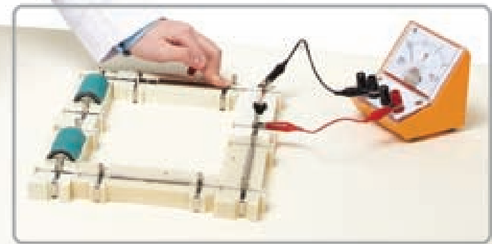
학습 목표

- 전류를 이해하고 전류의 방향과 전자의 이동 방향에 대하여 설명할 수 있다.
- 전압과 저항의 특성을 말할 수 있다.

전구에 불을 켜기 위해서는 전지, 전선 등의 장치가 필요하다. 이러한 장치들을 연결하여 전기 회로를 구성하면 전구에 불을 켤 수 있다. 그러나 마찰이나 정전기 유도에 의해 모아 둔 정전기로는 전구에 계속 불을 켤 수 없다. 전구에 불을 계속 켜기 위해서는 계속해서 전류가 흘러야 하기 때문이다.

전류를 계속 흐르게 하기 위해서는 어떻게 해야 할까?







## | 지도상의 유의점 |

전기 회로 실험에서 전류계, 전압계의 사용법을 익히는 것도 중요하지만 이를 통해 전압과 전류, 저항의 특성을 먼저 확인하게 한다. 또한 전류계와 전압계의 사용법 자체를 외우게 하는 것보다 사용법을 항상 참고하여 잘 사용할 수 있도록 지도한다.

### 찾아보기

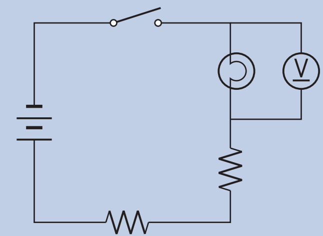
- 한국 물리학회
  http://www.kps.or.kr
- 사이언스올
  http://www.scienceall.com
- Fundamentals of Physics(2005), Halliday D. 외 저, John Wiley & Sons

### 효과적인 수업을 위한 Tip

회로도는 회로를 구성하는 소자들을 나타내는 기호를 선으로 연결하여 나타낸 것이다.

회로도를 이용하면 실제 모습을 간단하게 기호로 나타낼 수 있어 편리하고 실제 회로에서 잘 구분되지 않는 전지의 극성이나 연결 부분에 대한 정보를 더 정확하게 알 수 있다는 장점이 있다. 하지만 회로도에 익숙하지 않은 학생들의 경우 전기 회로 관련 실험을 할 때, 회로도를 해석하지 못하거나 잘못 해석함으로써 실험을 제대로 수행하지 못하고 실험에 대한 흥미를 잃어버리는 경우가 있다. 회로도를 해석하게 하는 것을 평가하려는 목적이 아니라면, 실험 과정을 실제 사진과 비교하면서 실험을 진행하는 것도 학생들로 하여금 과학 실험에 흥미를 갖게 하는 한 방법이 될 것이다.

또한 학생들이 회로를 직접 구성하게 하고, 구성한 회로를 하나씩 설명하면서 잘못된 부분을 고쳐 주면 전기 회로도를 조금 더 쉽게 이해할 수 있다.



회로도의 예

**전류**

마찰 전기나 정전기 유도를 이용하여 검전기를 (−)전하로 대전시키면 검전기에는 많은 수의 전자들이 모인다. 이렇게 전자가 많이 모여 있는 검전기에 대전되지 않은 다른 검전기를 도선으로 연결하면 어떻게 될까?

검전기에 모여 있는 전자들은 서로 척력이 작용하고 있으므로 이동할 수 있는 길만 있으면 빠져나가려고 한다.

따라서 전선을 연결하고 스위치를 닫으면, 일부 전자들은 도선을 따라 대전되지 않은 검전기의 금속박으로 이동한다. 검전기의 금속박이 벌어지는 것을 보고 전자가 이동했다는 사실을 알 수 있다.

이와 같이 전자들이 도선을 따라 이동할 때 전하가 흐른다고 하며, 이러한 전하의 흐름을 **전류**라고 한다.

잠깐 체크 전하의 흐름을 무엇이라고 하는가?

검전기를 대전시킨다.

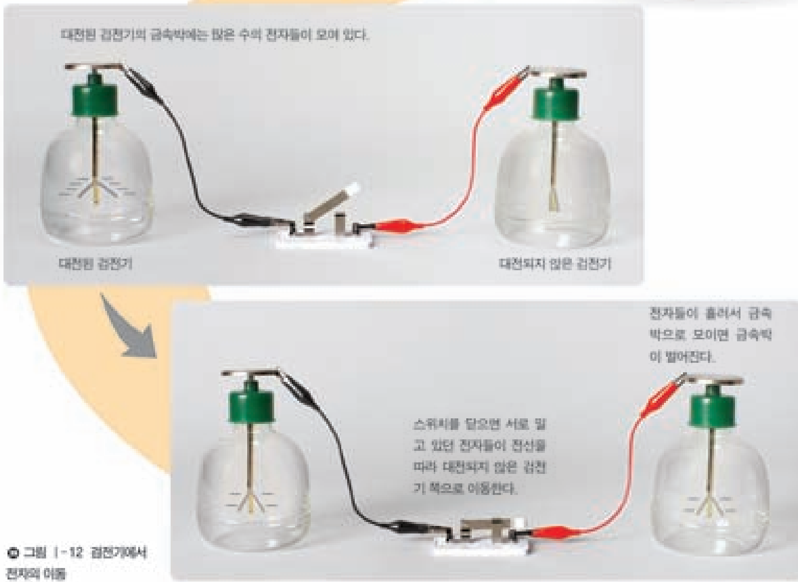



그림 Ⅰ-12 검전기에서 전자의 이동

1. 전기 21

**잠깐 체크**

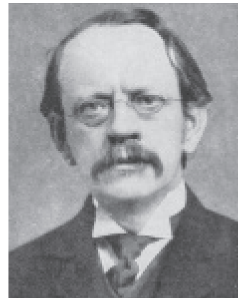
전선을 통해 전하가 흐르는 현상을 전류라고 한다. 이때 전선을 통해 이동하는 전하는 (−)전하를 띠고 있는 전자이다.

## 역사 속의 과학

### ❀ 톰슨의 음극선 실험

(1) **톰슨** 영국의 물리학자로 가스의 방전에 관한 연구로 1906년에 노벨 물리학상을 수상하였고 케임브리지 대학교 부설 캐번디시 연구소에서 러더퍼드, 브래그, 오펜하이머 등의 훌륭한 제자들을 배출하였다.

(2) **음극선 실험** 1897년에 톰슨은 진공 상태의 유리관에 큰 전압을 걸어 음극에서 음극선을 방출시키는 데에 성공하였다. 음극선은 (−)극에서 (+)극으로 직진하고, 질량을 가지고 있으며, 외부 자기장에 의해 진로가 휘는 성질이 있음을 밝혔다.

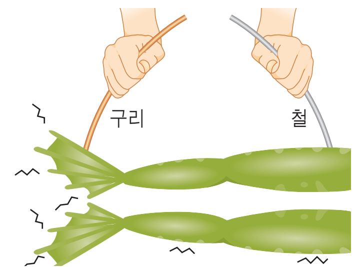


톰슨

(3) **음극선의 본질** 톰슨이 발견한 음극선은 원자를 이루는 기본 입자인 전자라는 것이 훗날에 밝혀졌고, 밀리컨은 기름 방울 실험으로 전자의 전하량이 $1.6\times10^{-19}$C이라는 사실을 알아냈다. 톰슨이 측정한 비전하$\left(\frac{e}{m}\right)$를 이용하면 전자의 질량이 $9.1\times10^{-31}$ kg임을 증명할 수 있다.

**참고 자료 전류의 발견**

라이덴 병이 발명되고, 번개가 전기 방전 현상임을 알게 된 18세기는 전기 현상에 관한 많은 일들이 있었던 시기이다. 하지만 지속적으로 전하의 흐름을 만들어 낼 수 있는 방법은 없었다.




개구리 다리의 경련

1791년 볼로냐 대학의 해부학 교수였던 갈바니는 실험실에서 개구리의 다리를 절개하다가, 개구리 다리의 신경 조직을 두 가지 금속 선에 접촉시키면 개구리의 다리에 경련이 일어난다는 사실을 발견했다.

이 발견은 당시에 전기 현상에 관심이 있던 많은 사람들에게 전류 현상에 대한 착상을 하게 하여 전기에 관한 연구 방향에 변화를 준 중요한 계기가 되었다. 개구리 다리의 근육이 동물 전기에 의해 움직였다는 갈바니의 설명에 의심을 품게 된 이탈리아의 볼타는, 개구리의 한쪽 다리에 구리판을 대고 다른 쪽에 철로 된 칼을 대면 개구리 다리가 움직이지만 양쪽 다리에 같은 종류의 금속을 대면 개구리 다리가 움직이지 않는다는 것을 발견한 것이다. 전류의 생성 원인은 동물 근육이 아니라 서로 다른 종류의 두 금속이라는 사실을 발견한 볼타는 1799년에 2개의 금속판과 염기 용액을 사용하여 볼타 전지를 개발하였다.




## ❀ 회로에서 전자의 이동

스위치를 닫으면 전구의 불이 바로 켜지는데, 도선 속 전자는 얼마나 빠르게 움직이는 것일까?

스위치를 닫으면 전자가 전지의 (+)극 쪽으로 이동하게 되는데 이때 원자들과의 충돌로 인해 빠르게 이동하지 못한다. 그럼에도 불구하고 스위치를 닫으면 전구의 불이 바로 켜지는 것은 도선 속에 전자와 전자 사이의 공간이 비어 있던 것이 아니라 전자로 가득 차 있기 때문이다. 즉, 스위치를 닫으면 전지의 (−)극에서 나온 전자가 도선 속의 전자들을 밀어내어 전구에 불이 켜지는 것이다.

엄밀히 말하면 회로 전체에 걸린 전기장에 의해 전자들이 움직이는 것이다.



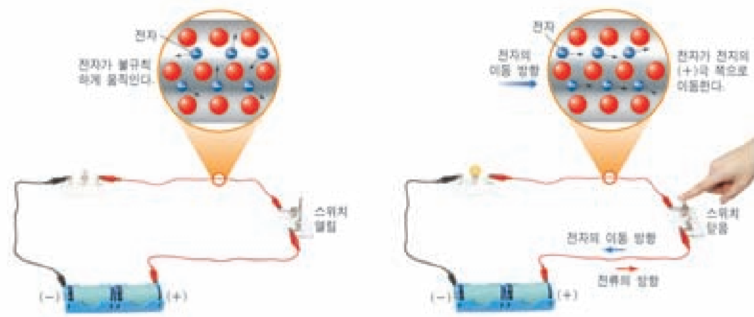
### 미•니•탐•구

1 전류의 세기는 사용한 전구의 저항과 전지의 전압에 따라 다르다. 옴의 법칙을 통해 전류의 세기를 예측할 수도 있으나 전지의 상태에 따라서 전류의 세기가 다르게 측정될 수 있으므로 수업 전 실험을 통해 미리 확인해 보는 것이 좋다.

2 전류계의 위치에 관계없이 전류의 세기는 같다. 하지만 실제 실험에서는 스위치를 닫는 정도나 접촉 불량 등의 여러 가지 이유로 인해 전류의 세기가 다르게 측정될 수 있다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

회로의 스위치를 닫으면 전자가 전구를 통과하면서 전구에 불이 켜진다는 것을 알고 있는 학생이라도 전자가 불을 켜고 사라진다고 생각하는 경우가 많다. 교과서에 제시된 미니 탐구를 통해 전자가 전구를 통과하면서 전자가 가지고 있던 에너지가 빛으로 전환된 것이며, 전자 자체가 사라지는 것은 아니라는 것을 알려 줄 수 있다.




❶ 그림 Ⅰ-13 회로에서 전자의 이동

**더 자세히**
전류의 방향은 전자의 존재를 모르던 때에 전지의 (+)극에서 (−)극으로 흐른다고 정의한 것이 굳어져 지금까지 바뀌지 않았다.

위의 회로에서 스위치를 닫으면 전구에 불이 켜진다. 전구에 불이 켜지는 것은 전자들이 전구를 통과하여 이동하면서 일을 하였기 때문이다.

전지와 전구, 스위치를 도선으로 연결하였지만 스위치를 닫지 않으면 전자들은 도선 속에서 불규칙하게 이리저리 움직인다. 그러나 스위치를 닫으면 전자들은 전지의 (−)극에서 나와 (+)극 쪽으로 이동한다. 이때 전류는 전지의 (+)극에서 (−)극으로 흐른다고 정한다. 즉, 전류의 방향은 전자의 이동 방향과 반대이다.

생활 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 전기용품도 스위치를 닫으면 작동한다. 이것은 전기용품에도 위의 회로와 같은 방식으로 전류가 흐르기 때문이다.

**전류의 단위**
A(암페어), mA(밀리암페어)
1 A=1,000 mA

한편, 1초 동안 도선의 한 단면을 통과하는 전하의 양을 전류의 세기라고 하며, 단위는 **A(암페어)**를 사용한다.



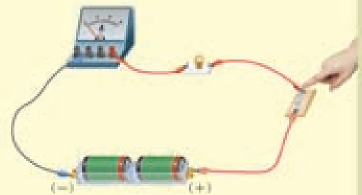


**미•니•탐•구 전류의 세기 측정**

전류의 세기는 전류계를 사용하여 측정한다. 그림과 같이 전구의 왼쪽에 전류계를 연결하여 전류를 측정해 보자.

물음 1 전류의 세기는 몇 A인가?

2 전구의 오른쪽에 전류계를 연결하고 전류를 측정하면 전류의 세기는 어떻게 될까?




22 Ⅰ. 전기와 자기

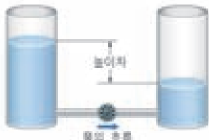
### ✚참고 자료 직류와 교류

(1) **직류**(Direct Current) 전류의 세기가 일정하고 한 방향으로 흐르는 전류를 직류라고 한다. 전지와 같이 (+)극과 (−)극을 구별하여 사용하는 전류는 직류이다. 직류는 안정적인 전압을 필요로 하는 전자 제품에서 신호를 제어하는 데 적합하지만, 교류에 비해 발전기의 구조가 복잡하고 전압을 높이기가 쉽지 않아 장거리 송전이 어렵다는 단점이 있다.

(2) **교류**(Alternating Current) 전류의 세기와 방향이 일정한 주기에 따라 바뀌는 전류를 교류라고 한다. 일반적으로 가정에 공급되는 전기가 이에 속하는데, 교류는 일정한 방향이 없으므로 (+)극과 (−)극의 구분이 없다. 교류는 직류와 달리 발전하기가 쉬우며 전압을 높이기가 용이해 장거리 송전에 적합하다. 안정적인 전압을 필요로 하지 않는 전열기의 경우에는 교류를 바로 사용하나, 직류를 사용해야 하는 전자 제품의 경우에는 정류기를 사용해 교류를 직류로 바꿔 사용한다.

## 전압

아래 그림 Ⅰ-14와 같이 물의 높이를 다르게 한 두 개의 물통이 있다. 이 물통의 아랫부분을 관으로 연결하면 물의 높이가 같아질 때까지 물이 흐른다. 이때 물을 흐르게 하는 것은 물의 높이 차에 의한 압력 때문이다. 그리고 그림 Ⅰ-15와 같이 펌프를 장치하여 물의 높이 차이를 계속 유지해 주면 물을 계속 흐르게 할 수 있다.




⊙ 그림 Ⅰ-14 일시적인 물의 흐름_ 높은 곳에서 낮은 곳으로 물이 흐르다가 물의 높이가 같아지면 물은 더 이상 흐르지 않는다.




⊙ 그림 Ⅰ-15 연속적인 물의 흐름_ 펌프를 연결하여 물을 처음 위치로 옮겨 주면 물은 높이 차이를 유지하여 계속 흐를 수 있다.




⊙ 그림 Ⅰ-16 연속적인 전류_ 연속적인 물의 흐름과 마찬가지로 전지가 펌프의 역할을 하여 전류가 계속 흐를 수 있다.

전류를 계속 흐르게 하기 위해서는 물과 마찬가지로 펌프와 같은 역할을 하는 장치가 필요하다. 전기 회로에서 펌프와 같은 역할을 하는 것이 전지이다. 그림 Ⅰ-16과 같이 전기 회로에서 전지와 전구를 도선으로 연결하면 전지가 전류를 계속 흐르게 한다.

이와 같이 물기둥의 높이 차이에 의한 물의 압력을 수압이라고 하듯이 전류를 흐르게 하는 전기적인 압력을 전압이라고 한다. 전압의 단위는 **V(볼트)**를 사용한다.

잠깐 체크 전류가 흐를 수 있도록 하는 능력을 무엇이라고 하는가?

### 미·니·탐·구 전압의 세기 측정

전압은 전압계를 사용하여 측정한다.

① 전지와 전구를 도선으로 연결한다.

② 그림과 같이 전압계 A는 도선에 걸리는 전압을, 전압계 B는 전구에 걸리는 전압을 잴 수 있도록 연결한다.

③ 스위치를 닫고 각각의 전압계 A, B의 눈금을 읽는다.

물음 1 전압계 A, B에서 전압은 각각 몇 V인가?

2 어느 곳의 전압이 더 큰가?

1. 전기 23

---

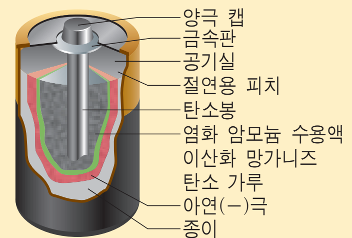
**잠깐 체크**

전류가 흐를 수 있도록 가하는 전기적 압력을 전압이라고 한다.

### 심화 학습 전지의 구조

전지(battery)는 내부에 들어 있는 물질의 화학 에너지를 전기 에너지로 변환하는 장치로, 전지는 초기 볼타 전지의 전해질이 액체이기 때문에 생기는 불편한 점을 없애고자 유동성이 없는 수용성 전해질을 넣어서 만든 것을 말한다.

망가니즈 전지의 겉모양은 원통 모양 또는 사각 기둥 모양이며, 바깥쪽은 아연으로 된 (−)극 원통으로 용기를 겸하고 있다. 중앙에 탄소 막대에 (+)극이 있으며, (+)극 위를 싸고 있는 금속은 잘 부식되지 않는 특수 금속으로 만들어진다. 또한 탄소 막대 주위에는 이산화 망가니즈와 흑연을 섞어 반죽한 것을 고압에서 압착시킨 것으로 채워져 있으며, 그 바깥쪽은 전해질(염화 암모늄)을 충분히 흡수시킨 종이로 싸여 있고, 위쪽에는 공기실과 피치 등으로 구성되어 있다.




⊙ 전지의 내부 구조

최근에는 내부 전해액으로 수산화 칼륨 수용액을 쓰는 알카라인 전지의 사용이 대중화되었는데 망가니즈 전지보다 수명이 길고 순간 전류가 크다는 장점이 있는 반면에 비싼 것이 단점이다. 카메라 플래시처럼 강한 순간 전류를 필요로 하는 경우에는 알카라인 전지를 써야 한다.

### 과학 돋보기

(1) **전지의 종류** 작동 원리에 따라 물리 전지와 화학 전지로 나뉜다. 화학 전지는 재사용 가능 여부에 따라 1차 전지와 2차 전지로 나뉘는데 망가니즈 전지와 알카라인 전지는 1차 전지이고, 충전이 가능한 니켈 · 카드뮴 전지와 리튬 · 폴리머 전지는 2차 전지이다.

(2) **전지의 전압** 전지의 전압은 시간 경과에 따라 점차 감소하지만 최초 전압은 정해져 있는데 1차 전지는 1.5 V이고, 니켈 · 카드뮴 전지는 1.2 V이고, 리튬 · 폴리머 전지는 5.7 V이다.

(3) **전지와 펌프** 하나의 전지에 전구 여러 개를 병렬 연결해도 하나를 연결했을 때와 같은 밝기이지만, 하나의 펌프에 물레방아를 여러 개 연결하면 물레방아의 회전 속도는 느려진다.



### 미·니·탐·구

1 전선의 저항은 $10^{-8}$ Ω 정도로 거의 0 Ω에 가깝다. 따라서 전선 사이의 전압은 0 V로 측정되고, 전구의 양 끝의 전압은 연결한 전지의 전압과 거의 같은 값이 측정된다.

2 전구의 양 끝의 전압이 더 크다. 만약 크기가 다른 저항 2개를 직렬로 연결한다면 저항이 큰 전구의 양 끝에서 잰 전압이 더 크게 측정될 것이다.




### ❀ 도체, 부도체, 반도체

물질에 따라 전류가 잘 흐르는 물질과 전류가 잘 흐르지 못하는 물질이 있는데 이러한 물질의 성질에 따라 도체, 부도체, 반도체로 구분한다.

(1) **도체** 저항이 작아 전류가 잘 흐르는 물질을 도체라고 하며, 대부분의 금속은 도체에 속한다. 일반적으로 온도가 올라갈수록 전기 저항이 증가한다.

(2) **부도체(절연체)** 저항이 커서 전류가 잘 흐르지 못하는 물질을 부도체라고 한다. 대부분의 비금속은 부도체에 속한다.

(3) **반도체** 저항이 도체와 부도체의 중간 정도 되는 물질을 반도체라고 한다. 저마늄, 실리콘이 반도체에 속하며 도체와 달리 온도가 올라가면 저항이 감소한다.

**잠깐 체크**

전류의 흐름을 방해하는 정도를 저항이라고 한다.

**+참고 자료** 물질들의 비저항

길이가 1m이고 단면적이 1m²인 물질이 가지는 저항을 그 물질의 비저항이라 하며 상온에서 물질들의 비저항은 다음과 같다.

| 물질 | 비저항(Ω · m) |
|---|---|
| 은 | $1.62\times10^{-8}$ |
| 구리 | $1.69\times10^{-8}$ |
| 금 | $2.35\times10^{-8}$ |
| 알루미늄 | $2.75\times10^{-8}$ |
| 텅스텐 | $5.25\times10^{-8}$ |
| 철 | $9.68\times10^{-8}$ |
| 니크롬 | $100\times10^{-8}$ |
| 탄소 | $3.5\times10^{-5}$ |
| 실리콘 | $2.5\times10^{3}$ |
| 나무 | $10^{8}\sim10^{11}$ |
| 유리 | $10^{10}\sim10^{14}$ |



❶ 그림 Ⅰ-17 저항의 크기 비교

**저항**

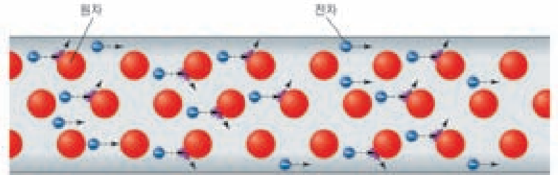
물질 중에는 은이나 구리처럼 전기가 잘 통하는 것도 있지만 고무나 나무처럼 전기가 잘 통하지 않는 것도 있다.

왼쪽 그림과 같이 전지와 전구를 도선으로 연결하고 도선 사이에 나무젓가락, 구리선, 니크롬선을 차례로 연결하면 전구의 밝기는 어떻게 될까?

이 회로에서 도선 사이에 구리선을 연결하면 전구가 밝게 켜지고 니크롬선을 연결하면 전구의 밝기가 약해지며, 나무젓가락을 연결하면 불이 켜지지 않는다.

전구의 밝기가 다른 이유는 물질의 종류에 따라 전류의 흐름을 방해하는 정도가 다르기 때문이다. 전류의 흐름을 방해하는 정도를 **저항**이라고 하며, 저항이 클수록 전류는 잘 흐르지 못한다.

저항이 생기는 원인은 물질 속에서 움직이는 전자가 물질을 이루고 있는 원자와 충돌하기 때문이다. 이때 저항의 크기는 물질의 종류, 길이, 단면적 등에 따라 달라진다.



❷ 그림 Ⅰ-18 저항이 생기는 이유_ 전자들이 도선을 지나갈 때, 원자와 충돌하기 때문이다.

**생각 해 보** 전류의 흐름을 방해하는 정도를 무엇이라고 하는가?

**과학 자료실** 물질들의 저항 비교

단면적이 $S$이고 길이가 $l$인 다음 네 물질 중 전기가 가장 잘 통하는 물질은 무엇일까?




네 물질의 저항을 비교해 보면, 은이 가장 작고 구리, 니크롬선 순으로 저항이 크다. 고무는 금속에 비해 저항이 매우 크다. 따라서 은에서 전류가 가장 잘 흐르고 고무에서는 전류가 거의 흐르지 못한다. 이렇듯 같은 모양이라도 물질의 종류에 따라 저항이 다르므로 전류가 흐르는 정도가 달라진다.

24 Ⅰ. 전기와 자기





### ❀ 저항

(1) **저항** 전류의 흐름을 방해하는 정도를 저항이라 하며, 단위로는 Ω(옴)을 사용한다.

(2) **저항에 영향을 미치는 요인**

① 길이($l$): 저항체의 길이는 저항에 비례한다.

② 단면적($S$): 저항체의 단면적은 저항에 반비례한다.

③ 물질의 종류: 물질의 종류에 따라 저항의 크기가 달라지는데, 이러한 물질의 전기적 특성을 나타내는 상수로 비저항($\rho$)을 사용한다. 비저항은 물질의 종류와 온도에 따라 다르다.

• 길이가 $l$이고 단면적이 $S$이며, 비저항이 $\rho$인 저항의 저항값 $R$는 다음과 같다.

$$R=\rho\frac{l}{S} \text{ (단위: Ω)}$$

(3) **도선의 단면적과 길이에 따른 저항의 크기 변화**

도선의 단면적이 클수록 많은 전류가 흐를 수 있어 저항이 작고, 도선의 길이가 길수록 전자들이 이동하면서 충돌 횟수가 증가하게 되므로 저항이 크다.

저항의 단위는 Ω(옴)을 사용하여 나타낸다. 저항은 저항의 길이($l$)가 길수록, 단면적($S$)이 작을수록 커진다. 예를 들어, 저항의 길이를 2배 길게 하면 저항은 2배 증가하고, 단면적을 2배로 크게 하면 저항은 $\frac{1}{2}$배로 줄어든다. 이것은 저항의 길이가 길어지면 전자가 원자들과 더 많이 충돌하고, 단면적이 커지면 전하를 운반하는 전자의 수가 많아지기 때문이다.

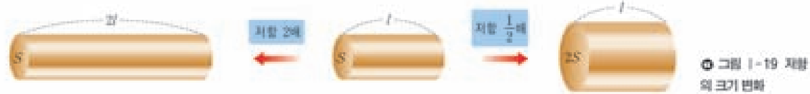



그림 I-19 저항의 크기 변화

**과학 자료실** 전기 기구와 기호

기호를 사용하여 전기 회로를 그린 것을 전기 회로도라고 한다. 전기 기구가 복잡하게 연결된 실제 회로를 간단한 기호로 나타내면 실제 회로를 쉽게 이해할 수 있다.

전기 회로와 전기 회로도

| 명칭 | 전지 | 스위치 | 전구 | 저항 | 전류계 | 전압계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 전기 기구 | | | | | | |
| 기호 | | | | | Ⓐ | Ⓥ |

전기 기구와 기호

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 도체에 전류가 흐를 때 전자들의 움직임에 대하여 설명해 보자. | 전열기에서 열이 발생하는 저항을 $\frac{1}{2}$만큼 잘라 사용하면 저항의 크기는 어떻게 달라지는지 생각해 보자. | 저항을 매우 작게 만들어 전류를 잘 흐르게 하는 초전도 물질에 대하여 알아보자. |

1. 전기 25

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

전자들은 (−)전하를 띠고 있으므로 도체에 전극을 연결하여 전류가 흐를 때 전자들은 (+)극 방향으로 힘을 받아 이동하게 된다. 이때 도체를 구성하는 원자들과 충돌을 반복하면서 조금씩 (+)극 쪽으로 이동하게 된다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

저항은 저항체의 단면적에 반비례하고 길이에 비례한다. 여기서 길이만 $\frac{1}{2}$로 줄였으므로 저항도 줄어들어 처음의 $\frac{1}{2}$배가 된다.

이렇게 전열기의 저항이 줄어들면 열이 발생하는 정도도 줄어든다고 생각하는 경우가 많은데, 전열기에 사용하는 전압이 일정한 상황에서 저항이 줄어들면 전류가 더 많이 흐르게 되어 열은 오히려 더 많이 발생하게 된다. 그렇다고 전열기의 저항을 너무 낮추면 전류가 많이 흐르면서 도선에서도 열이 발생하여 합선이나 화재가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

### ▶ 과학과 기술 연관 짓기

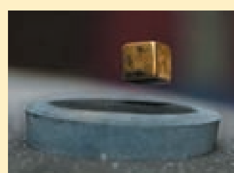
온도가 내려감에 따라 저항이 감소하다가 특정 온도에서 전기 저항이 0이 되는 현상을 초전도 현상이라고 하고, 이런 현상이 나타나는 물질을 초전도체라고 한다. 저항이 없으므로 전력 손실이 발생하지 않으며, 자기력선을 통과시키지 않고 밀어내는 특성이 있어 자기 부상 열차나 초전도 자석, 전동기 등에 이용된다.

최근에는 절대 온도 130 K 부근에서 초전도체로 바뀌는 물질도 발견되었다. 만약 상온에서 초전도의 성질을 갖는 물질이 개발된다면 그것은 새로운 기술 혁명을 가져올 것이다. 이를 위해 많은 과학자들이 끊임없이 노력하고 있다.

## 심화 학습 마이스너 효과

| 자성 | 외부 자기장 속에서 | 예 |
|---|---|---|
| 강자성체 | 외부 자기장 속에서 외부 자기장의 방향으로 강하게 자화되는 물질 | 철, 코발트, 니켈 |
| 상자성체 | 외부 자기장 속에서 외부 자기장의 방향으로 약하게 자화되는 물질 | 알루미늄, 주석, 백금 |
| 반자성체 | 외부 자기장 속에서 외부 자기장과 반대 방향으로 자화되는 물질 | 비스무트, 금, 수은 |

초전도체를 임계 온도 이하로 냉각시키면 전기 저항이 거의 없어지고 자기력선을 통과시키지 않는 완전 반자성체로 변한다. 초전도체 접시 위에 영구 자석을 올려놓고 초전도체 접시를 냉각시키면 영구 자석이 만드는 자기력선이 자석과 접시 사이에 끼어 영구 자석이 공중에 뜨게 된다.

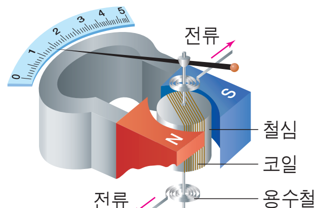


마이스너 효과와 자기 부상




## ❀ 전류계와 전압계의 원리

전류계와 전압계의 바늘이 회전하는 중심 부분에는 철심에 코일이 감겨 있어 코일에 전류가 흐르면 코일 주위에 있는 자석으로부터 힘을 받아 바늘이 회전하게 된다. 이때 회전축에 달려 있는 용수철의 탄성력과, 코일과 자석 사이에 작용하는 힘이 평형을 이루는 곳에서 바늘이 멈추게 된다. 전류가 많이 흐를수록 코일과 자석 사이에 전자기력이 크게 작용하므로 더 많이 회전하게 된다.



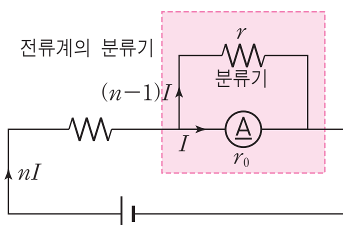

❷ 전류계의 구조

이와 같은 가동 코일형 전류계와 전압계는 전류의 방향이 변하지 않는 직류 전원에 적합하므로 교류 전원에 사용하기 위해서는 별도의 정류 부품이 필요하다.




## ❀ 전류계의 분류기

전류계에 정해진 값보다 많은 양의 전류가 흐른다면 전류의 세기를 어떻게 측정할 수 있을까? 이때는 다음 회로도와 같이 분류기를 사용할 수 있다.




❷ 전류계의 분류기

분류기는 일종의 저항으로 전류계와 병렬로 연결하면 전체 전류 중 일부는 분류기를 통과하여 흐르기 때문에, 전류계를 통과하는 전류의 세기가 줄어들게 된다. 전류계에 (−)단자가 여러 개 있는데 (−)단자마다 서로 다른 저항을 사용하여 전류계로 측정할 수 있는 최대 전류값을 변화시켜 주는 것이다.






## ❀ 전류계

전류의 세기를 측정하는 장치로 회로에 직렬로 연결하여 사용한다. 전류계가 회로에 미치는 영향을 최소화하기 위해 전류계의 내부 저항은 매우 작다.



❷ 전류계

## ❀ 전류계 사용법

① 전류계 바늘의 회전 중심 부분에 있는 나사를 이용해 0점 조절을 한다.

② 회로에서 전류를 측정하고자 하는 지점에 직렬로 연결한다. 이때 (+)단자는 회로의 (+)극에 가까운 쪽에, (−)단자는 회로의 (−)극에 가까운 쪽에 연결한다.

③ (−)단자는 여러 개가 있는데 (−)단자에 적혀 있는 숫자는 측정할 수 있는 전류의 최댓값을 나타낸다. 전류계의 보호를 위해 가장 큰 수치를 측정할 수 있는 (−)단자에 먼저 연결하여 측정하고, 만약 바늘이 너무 조금 움직인다면 (−)단자를 한 단계씩 낮추어 측정하도록 한다.

④ 전류계의 (−)단자를 500 mA로 연결했더니 눈금이 0보다 약간 큰 20 mA 부근을 가리켰다면 (−)단자를 50 mA로 바꾸어 연결하면 더 정확한 수치를 얻을 수 있다.




• 전류계의 연결
① 0점 조절 나사: 0점 조절을 한다.
② 전류계에는 최대 전류값에 따라 읽을 수 있는 눈금값이 표시되어 있다.
③ (−)단자에는 그 단자에 연결하여 측정할 수 있는 최대 전류값이 표시되어 있다.
• 전압계의 연결
① 0점 조절 나사: 0점 조절을 한다.
② 전압계에는 최대 전압값에 따라 읽을 수 있는 눈금값이 표시되어 있다.
③ (−)단자에는 그 단자에 연결하여 측정할 수 있는 최대 전압값이 표시되어 있다.

전류계의 연결

전압계의 연결

1. 전기 27

## ❀ 전압계

전압을 측정하는 장치로 회로에 병렬로 연결하여 사용한다. 전압계가 회로에 미치는 영향을 최소화하기 위해 전압계의 내부 저항은 매우 크게 한다. 전압계의 사용법은 회로에 병렬 연결하는 것을 제외하면 전류계와 거의 같다.



ⓐ 전압계

## ❀ 전압계 사용법

① 전압계 바늘의 회전 중심 부분에 있는 나사를 이용해 0점 조절을 한다.

② 회로에서 전압을 측정하고자 하는 두 지점에 병렬로 연결한다. 이때 (+)단자는 회로의 (+)극에 가까운 쪽에, (−)단자는 회로의 (−)극에 가까운 쪽에 연결한다.

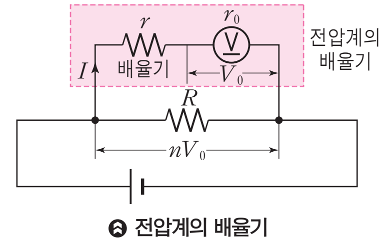
③ (−)단자는 여러 개가 있는데 (−)단자에 적혀 있는 숫자는 측정할 수 있는 전압의 최댓값을 나타내므로 가장 큰 수치를 측정할 수 있는 (−)단자에 먼저 연결하여 측정하고 만일 바늘이 너무 조금 움직인다면 (−)단자를 한 단계씩 낮추어 측정하도록 한다.

④ 전압계의 (−)단자를 15 V로 택하여 눈금이 0과 5의 중간 지점을 가리켰으나 2 V인지 3 V인지 불분명한 경우에는, (−)단자를 5 V로 바꾸어 연결하면 명확한 전압값을 측정할 수 있다.




## ❀ 전압계의 배율기

전압계의 양단에 전압계가 측정할 수 있는 전압보다 더 큰 전압이 걸린다면 다음과 같이 배율기를 이용해서 전압을 측정할 수 있다.




ⓐ 전압계의 배율기

배율기는 일종의 저항으로 위 회로와 같이 배율기를 전압계와 직렬로 연결하면 측정하고자 하는 양단의 전압 중 일부만 전압계에 걸리게 되므로, 전압계로 측정할 수 있는 최대 전압보다 더 큰 전압을 측정할 수 있다.

이때 전압계에 측정된 전압과 실제 전압이 $n$배가 되기 위해서 배율기로 사용해야 하는 저항($r$)은 전압계의 내부 저항($r_0$)과 다음과 같은 조건을 만족하면 된다.

배율기와 전압계는 직렬로 연결되어 있으므로 전압계에 흐르는 전류를 $I$라고 하면 전압계 양단에 걸리는 전압 $V_0=Ir_0$이고, 배율기 양단에 걸리는 전압 $V=Ir$이다.

전압계의 측정 범위를 $n$배로 하였다고 가정하면 외부 저항 $R$의 양단의 전위차는 $nV_0=nIr_0$가 되고 $nV_0=V+V_0$이므로 $nIr_0=Ir+Ir_0$에서 $r=(n-1)r_0$가 된다.

즉, 전압계의 측정 범위를 $n$배로 늘리기 위해서는 전압계 내부 저항의 $n-1$배인 저항을 배율기로 설치하면 된다.

전압계에 (−)단자가 여러 개가 있는 것은 (−)단자마다 서로 다른 저항을 사용하여 전압계로 측정할 수 있는 최대 전압값을 변화시켜 주는 것이다.

예를 들어 전압계의 (−)단자에 적힌 숫자가 순서대로 3 V, 15 V, 30 V라면 측정 범위가 기본값보다 5배, 10배로 증가한 셈이므로 15 V 단자를 택했을 때의 배율기 저항은 4배이고 30 V 단자를 택했을 때의 배율기 저항은 9배라는 것을 알 수 있다.

# 1-3 옴의 법칙

## | 학습 내용 안내 |

(1) 전류, 전압, 저항 사이의 관계를 안다.

(2) 저항의 직렬 연결과 병렬 연결의 특징을 이해한다.

## | 학습 전개 |

전압의 세기가 증가할 때 전류의 세기가 증가함을 실험을 통해 확인하게 한다.



전류, 전압, 저항 사이의 관계를 이해하게 한다.



저항의 직렬 연결에서 전류의 세기가 일정함을 알고 전체 저항의 변화를 이해하게 한다.



저항의 병렬 연결에서 전압이 일정함을 알고 전체 저항의 변화를 이해하게 한다.



# 1-3 옴의 법칙

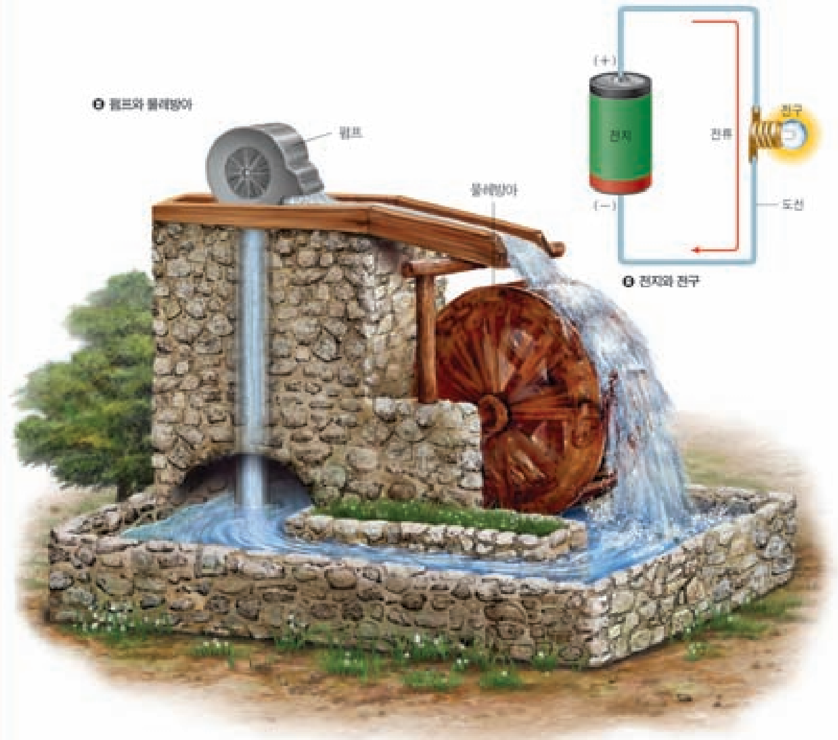


학습 목표

- 전류, 전압, 저항 사이의 관계를 설명할 수 있다.
- 저항의 직렬 연결과 병렬 연결의 특징을 설명할 수 있다.

아래 그림과 같이 펌프로 물을 길어 올려 수압을 유지하면서 물을 흘려보내면 물레방아를 계속하여 돌릴 수 있다. 이와 마찬가지로 전지로 전압을 유지하면서 전류를 흘려보내면 전구에 계속하여 불을 켤 수 있다. 이때 수압이 크면 많은 양의 물이 흐르게 되는 것처럼 전압이 크면 전류가 많이 흐를 수 있다. 반면에, 전기 저항이 크면 전류가 적게 흐른다.

이처럼 전류의 세기는 전압, 저항과 관련하여 변한다. 전류와 전압, 전류와 저항은 어떤 관계가 있을까?




❶ 펌프와 물레방아

❷ 전지와 전구



## | 지도상의 유의점 |

회로에 대해 좀 더 폭넓은 인식을 가질 수 있도록 하고, 저항의 직렬 연결과 병렬 연결에서 전체 저항을 구하는 것에서부터 전압과 전류의 특징을 이해할 수 있도록 지도한다.




## 역사 속의 과학

### ❀ 1826년 옴의 법칙 발견

독일의 물리학자였던 옴은 여러 가지 금속으로 회로를 만들어 실험을 하면서 금속에 따라 나침반의 바늘이 움직이는 정도가 다르다는 것을 알아내었다. 즉, 각각의 금속이 지닌 고유한 성질에 따라 전류가 많이 흐르거나 적게 흘렀던 것이다. 옴은 이러한 금속의 고유한 성질을 전기 저항이라고 정의하고, 전기 저항이 큰 물질일수록 전류의 세기가 약해진다고 하였다. 또한 동일한 도선이라도 도선의 굵기가 굵어지면 전기 저항이 작아지고, 도선의 온도가 높아질수록 전기 저항이 커진다는 것도 알아내었다. 더불어 같은 금속일지라도 회로를 구성하고 있는 금속 양 끝의 온도 차가 얼마나 되느냐에 따라 나침반의 바늘이 움직이는 정도가 다르다는 것도 알게 되었다. 옴은 이러한 실험의 결과를 종합하여 1826년 "전압이 커지면 커질수록 전류의 세기가 세지고 전기 저항이 크면 클수록 전류의 세기는 약해진다."라는 옴의 법칙을 발표하였다. 오늘날의 전기 기구들을 구성하고 있는 모든 전기 회로는 이러한 옴의 법칙을 따르고 있다. 전기 저항의 단위인 옴(Ω)은 그의 이름을 기리기 위한 것이다.



❸ 옴

### 찾아보기

- 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 한국 전기 안전 공사 http://www.kesco.or.kr
- 한국 전력 공사 http://www.kepco.co.kr
- 파인만의 물리학 강의(2004), 리처드 파인만 저, 박병철 역, 승산

### 전류, 전압, 저항의 관계

전압은 전류를 잘 흐르게 하고, 전기 저항은 전류의 흐름을 방해한다. 그러면 전압에 따라 전류의 세기는 어떻게 변하는지 알아보자.

**해 보기** 전압과 전류의 관계 — 실험

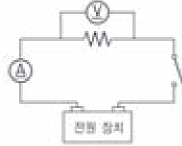
**|과정 및 결과|**

❶ 그림과 같이 전원 장치, 전류계, 전압계, 니크롬선, 스위치를 집게 도선으로 연결한다.

❷ 전원 장치의 전압을 조절하여 니크롬선에 걸리는 전압을 2 V가 되게 하고, 니크롬선에 흐르는 전류의 세기를 측정한다.

❸ 전압의 세기를 4 V, 6 V, 8 V, 10 V로 늘리면서 전류의 세기를 측정한다.

| 전압(V) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 전류(A) | | | | | | |






**|해석|**

1 전압을 크게 하면 전류의 세기는 어떻게 변하는가?

2 각각의 전압을 전류의 세기로 나눈 값은 얼마인가?

**과학 자료실** 전원 장치의 사용법

전원 장치는 전압과 전류를 조절할 수 있게 만든 장치로서 일정한 전압이나 전류를 오랜 시간 유지할 수 있어 실험할 때 편리하게 이용된다.

① 전원 장치가 꺼진 상태에서 전압 조절기와 전류 조절기를 돌려 0점 조절을 한다.
② (+)단자와 (−)단자에 각각 도선을 연결한다.
③ 전압 조절기와 전류 조절기를 돌려 필요한 전압 또는 전류로 조절한다.
④ 실험이 끝나면 전압 조절기와 전류 조절기로 0점 조절을 한 후에 전원을 끈다.

DC Regulated Power Supply
전압 눈금판
전류 눈금판
전원 스위치
(+)단자
(−)단자
전류 조절기
전압 조절기

1. 전기 29

**해 보기** — 실험

**|목표|**

전압의 세기 변화에 따른 전류의 세기 변화를 측정하여 저항이 일정할 때 전류와 전압 사이의 관계를 알 수 있다.

**|결과|**

| 전압(V) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 전류(A) | 0 | 1.5 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 |

**|유의점|**

1 전류계와 전압계를 반대로 설치할 경우 내부 저항이 작은 전류계가 고장날 위험이 있으므로 전류계와 전압계를 잘 구분하여 연결한다.

2 전류계와 전압계의 (−)단자는 가장 큰 값을 측정할 수 있는 단자부터 연결하여 눈금이 조금 밖에 올라가지 않을 때 한 단계씩 낮추어 측정하도록 한다.

3 전류계와 전압계의 눈금을 읽을 때 항상 (−)단자를 확인하고 연결된 (−)단자에 해당하는 값을 읽도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 전류계, 전압계 사용 능력을 측정하기 위한 실험이 아니므로, 전류계, 전압계 사용법이 나와 있는 자료를 참조하면서 실험할 수 있다.

2 전원 장치에 전원 스위치가 존재하므로 회로에 별도로 스위치를 설치하지 않고도 실험을 진행할 수도 있다.

3 전압에 따른 전류의 변화 그래프를 그리게 하고 각자의 생각을 말하게 함으로써 학생들의 창의 · 인성을 키울 수 있다.

**|해석|**

1 전압에 비례하여 전류의 세기도 증가한다.

2 전압을 전류의 세기로 나눈 값은 실험에 사용한 니크롬선의 저항값과 같으며, 그 값은 전압의 세기에 관계없이 항상 일정하다. 저항값을 측정할 수 있는 측정기가 있다면, 실험 후 니크롬선의 저항값을 측정하여 학생들에게 확인시켜 줄 수도 있다.

**참고 자료** 컴퓨터의 파워 서플라이

외부에서 들어오는 교류 전류를 컴퓨터 시스템에서 안정적으로 사용할 수 있도록 직류로 변환하여 전원을 공급하는 하드웨어인데, 파워 서플라이가 고장 나면 컴퓨터 시스템이 다운되거나 부팅이 되지 않는다. 파워 서플라이의 내부 구조를 살펴보면, 교류를 직류로 바꾸는 정류부가 있고, 변환된 직류의 잡음을 없애 주는 필터 장치가 있다. 이를 통해 3.3V, 5V, 12V 등의 직류 전원이 만들어지므로 필터 장치가 가장 중요한 부분이다.



파워 서플라이

## 잠깐 체크

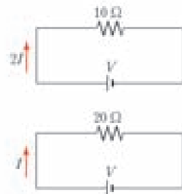
옴의 법칙에 따라 전압의 세기와 전류의 세기는 비례하므로 전압의 세기를 2배로 하면 전류의 세기도 2배가 된다.

## 참고 자료 감전

감전이란 사람이나 동물이 전기에 접촉되어서 전류가 통하게 되어 전기적인 충격을 받는 현상으로, 전류의 세기와 전류가 흐른 시간에 따라 그 충격 정도가 다르다. 일반적으로 전류의 세기에 따라 인체에 나타나는 현상은 다음과 같다.

| 전류(mA) | 인체에 나타나는 현상 |
|---|---|
| 1 | 약간 찌릿함을 느낀다. |
| 5 | 통증을 느낀다. |
| 10 | 견디기 어려운 고통을 느낀다. |
| 20 | 근육이 수축되고 움직일 수 없는 상태가 된다. |
| 50 | 근육이 경직되고 호흡 곤란이 온다. |
| 100 | 치명적인 장애 또는 사망에 이른다. |

니크롬선을 이용한 실험을 하면 회로에 200~500 mA가 흐르는 것을 관찰할 수 있는데, 잘못하면 감전으로 심각한 부상을 입지는 않을까? 니크롬선에 많은 양의 전류가 흐르는 것은 니크롬선의 저항이 작기 때문이며, 보통 인체의 전기 저항은 약 5,000 Ω 정도로 실험에 사용하는 니크롬선보다 훨씬 크다. 전압이 일정한 상황에서 저항이 클 경우 전류의 세기가 감소하므로, 인체를 통해서 흐르는 전류가 작아 감전의 위험은 거의 없다. 단, 피부에 땀이 나 있는 경우 인체의 전기 저항은 건조 상태의 약 $\frac{1}{12}$~$\frac{1}{20}$, 물에 젖어 있을 경우는 $\frac{1}{25}$로 저하되므로 실험할 때 주의하도록 한다.

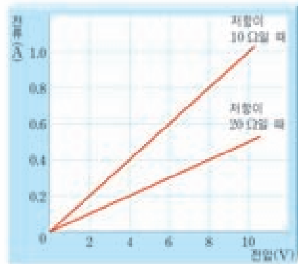



❸ 그림 Ⅰ-20 저항과 전류

전원 장치에 니크롬선을 연결하고 니크롬선에 걸리는 전압을 2배, 3배로 높이면 니크롬선에 흐르는 전류의 세기도 2배, 3배로 증가한다. 이처럼 저항에 걸리는 전압을 증가시키면 전류의 세기는 전압에 비례하여 증가한다.

저항이 다른 두 저항체에 같은 전압을 걸어 주면 전류는 저항에 따라 달라진다. 예를 들어, 저항이 10 Ω과 20 Ω인 두 저항에 같은 전압을 걸고 전류를 측정해 보면 10 Ω의 저항에 2배의 전류가 흐른다. 즉, 전류의 세기는 저항에 반비례한다.

각각의 저항에 전압을 높여 가면서 전류를 측정하면 왼쪽 그래프와 같은 모양이 된다.




❸ 그림 Ⅰ-21 저항에 따른 전류의 세기

이 그래프에서 알 수 있듯이 저항이 일정할 때 전류의 세기는 전압에 비례하고 전압이 일정할 때 전류의 세기는 저항에 반비례한다.

이러한 전류와 전압, 저항의 관계를 **옴의 법칙**이라고 한다.

$$\text{전류}(I)=\frac{\text{전압}(V)}{\text{저항}(R)}$$

**잠깐 체크** 어떤 니크롬선에 걸어 주는 전압을 2배로 하면 전류의 세기는 몇 배가 될까?

### 수학 적용하기 전구의 저항 구하기

창의 · 인성

[문제] 현호는 전구의 저항을 알아보기 위하여 그림과 같이 전원 장치에 전구를 연결하고 전압과 전류를 측정하였다. 12 V의 전압을 걸어 주었을 때 0.3 A의 전류가 흘렀다면 이 전구의 저항은 몇 Ω일까?

[해결]
- 주어진 조건: 전구에 가한 전압=12 V, 전구에 흐른 전류=0.3 A
- 알고 있는 것: 옴의 법칙: $\text{전류}(I)=\frac{\text{전압}(V)}{\text{저항}(R)}$
- 알고 싶은 것: 전구의 저항
- 문제 해결 과정: 옴의 법칙 적용: 전압=전류×저항
  12 V=0.3 A×저항
  $\text{저항}=\frac{12\text{ V}}{0.3\text{ A}}=40\ \Omega$

30 Ⅰ. 전기와 자기

## 과학 돋보기

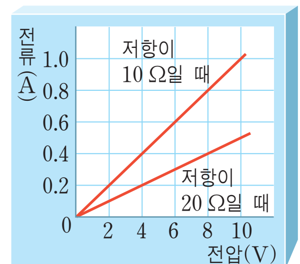
### ❀ 전류와 전압의 관계

(1) **옴의 법칙** 전류의 세기 $I$는 전압 $V$에 비례하고 저항 $R$에는 반비례한다.

$$I=\frac{V}{R}$$

즉, 전압이 커지면 커질수록 전류의 세기가 세지고, 전기 저항이 크면 클수록 전류의 세기는 약해진다.

(2) **전류－전압 그래프의 해석** 교과서에 제시된 그래프와 같이 저항에 걸린 전압과 저항에 흐르는 전류의 세기는 비례하므로 직선 모양의 일차함수 그래프가 나오게 되고 $y$축이 전류, $x$축이 전압인 전류－전압 그래프에서 기울기는 저항의 역수와 같다. 따라서 기울기가 작을수록 저항은 더 크다.



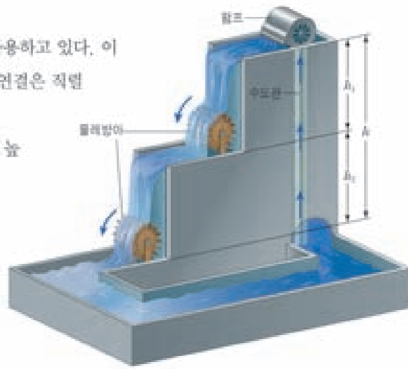

❸ 전류－전압 그래프

## 저항의 직렬 연결

우리는 일상생활에서 많은 전기 기구를 연결하여 사용하고 있다. 이때 전기 저항은 복잡하게 연결되어 있지만 기본적인 연결은 직렬 연결과 병렬 연결이다.

먼저 직렬 연결은 오른쪽 그림과 같이 펌프로 물을 높은 곳으로 끌어 올린 후 물을 떨어뜨리면서 두 물레방아를 차례대로 돌리는 경우와 비슷하다.

끌어 올린 물은 $h_1$만큼 떨어지면서 첫 번째 물레방아를 돌리고, $h_2$만큼 떨어지면서 두 번째 물레방아를 돌린다. 이때 펌프와 물레방아를 통과하는 물의 양은 같고, 전체 높이 $h$는 $h_1$과 $h_2$의 합과 같다.



❶ 그림 Ⅰ-22 물레방아의 직렬 연결

$$h=h_1+h_2$$

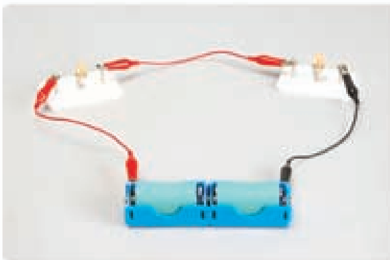
물의 흐름을 전류, 펌프를 전지, 물의 높이를 전압, 물레방아를 저항이라고 생각하고 저항 $R_1$과 $R_2$가 전압이 $V$인 전원에 직렬로 연결된 경우를 살펴보자.

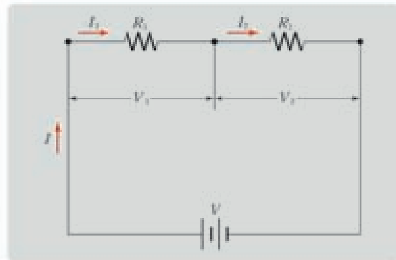
물레방아가 직렬로 연결되어 있을 때 첫 번째 물레방아와 두 번째 물레방아에 흐르는 물의 양은 같다. 이와 마찬가지로, 저항 $R_1$과 $R_2$를 직렬로 연결하면 하나의 통로로 같은 양의 전류가 흐르므로 전체 전류와 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 같다.

$$I=I_1=I_2$$

또 전체 물의 높이는 각각의 물레방아에 떨어지는 물의 높이의 합과 같다. 마찬가지로, 전체 전압은 각 저항에 걸리는 전압 $V_1$, $V_2$의 합과 같다.

$$V=V_1+V_2$$


❶ 그림 Ⅰ-23 저항의 직렬 연결



❶ 그림 Ⅰ-24 저항의 직렬 연결 회로도

1. 전기 31

❀ 저항의 직렬 연결

(1) 저항이 직렬로 연결된 회로의 특징

① 저항이 직렬로 연결되어 있을 때 도선을 통과하는 전하량이 보존되기 때문에 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 같다.

$I=I_1=I_2=I_3=\cdots\cdots$

② 직렬로 연결된 각각의 저항 양단에 걸리는 전압의 합은 전지의 양 끝의 전압과 같다.

$V=V_1+V_2+V_3+\cdots\cdots$

(2) 저항의 직렬 연결에서 전체 저항 구하기

저항값이 $R_1$, $R_2$인 두 저항이 직렬 연결된 회로에서 전체 저항 $R$을 구해 보자. 각각의 저항은 옴의 법칙을 따르므로 $V_1=I_1R_1$, $V_2=I_2R_2$이고 전체 회로에서도 이 법칙을 적용하면 $V=IR$이다. $V=V_1+V_2$에 이 값들을 대입하면 $IR=I_1R_1+I_2R_2$이다.

여기서, $I=I_1=I_2$이므로 결국 $R=R_1+R_2$이다. 저항이 2개 이상 직렬 연결된 회로에서도 이와 같은 방식을 이용하여 전체 저항 $R$를 구하면 다음과 같다.

$R=R_1+R_2+R_3+\cdots\cdots$

### 심화 학습 전지의 기전력과 내부 저항

(1) 전지의 기전력

전지를 회로에 연결하면 회로에 전류가 흐르게 되는데, 이때 전지가 회로에 공급하는 전압을 기전력이라고 한다.

(2) 전지의 내부 저항

이상적인 전지의 경우 전지에 연결된 저항의 크기에 관계없이 전지 양단에 걸리는 전압이 같아야 하지만, 실제 전지의 경우에는 전지 내부에 저항이 있는 것처럼 전지에 연결한 저항의 크기에 따라 전지 양단에 걸리는 전압이 달라진다. 이는 전지 내부를 전자가 통과할 때 저항을 받기 때문이며 이 저항을 내부 저항이라고 한다. 회로에 전류가 많이 흐를수록 내부 저항에 의한 전압 강하가 커지므로 전지가 회로에 공급하는 실제 전압은 줄어들게 된다. 따라서 전지로 전압과 전류를 측정하는 실험을 할 때에는 이 부분에 유의해서 실험하도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

교과서에 수록된 '물레방아의 직렬 연결' 모식도에서는 다음과 같은 비유 관계가 성립한다.

1 물레방아와 저항(또는 전구)
2 물레방아의 회전 속도와 전구의 밝기
3 각 물레방아에 떨어지는 물의 높이와 각 전구에 걸리는 전압
4 펌프의 높이와 전지의 전압
$h=h_1+h_2$ ➡ $V=V_1+V_2$
5 흐르는 물의 양과 전류의 세기
같은 양의 물이 위쪽 물레방아와 아래쪽 물레방아를 통과한다.
➡ $I=I_1=I_2$

저항의 직렬 연결
1. 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 같다.
2. 저항이 길어졌으므로 저항이 증가한다.

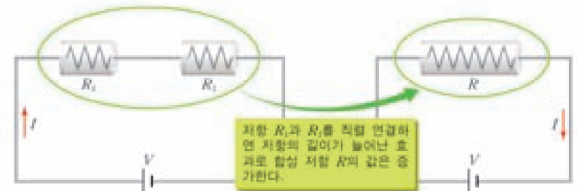



그림 Ⅰ-25 직렬 연결된 두 저항의 합성 저항

각 저항에 걸리는 전압과 전류
$R_1$에 걸리는 전압과 전류는 각각 $V_1$, $I_1$이고, $R_2$에 걸리는 전압과 전류는 각각 $V_2$, $I_2$이다.

두 저항 $R_1$, $R_2$가 연결된 것과 같은 효과를 내는 하나의 저항을 **합성 저항**이라고 한다. 합성 저항을 $R$라고 하면 두 저항 $R_1$과 $R_2$가 직렬 연결된 회로의 회로도는 위 그림과 같고, 각 저항에 옴의 법칙을 적용하여 정리하면 다음과 같다.

$$V=V_1+V_2 \quad \text{또는} \quad IR=I_1R_1+I_2R_2$$

이때 전류 $I$, $I_1$, $I_2$는 모두 같으므로 합성 저항 $R$는 다음과 같다.

$$R=R_1+R_2$$

즉, 저항을 직렬로 연결하면 전체 저항은 저항을 연결한 만큼 증가한다.

잠깐 체크 저항을 직렬로 연결하면 전체 저항이 증가하는 이유는 무엇인가?

### 저항의 병렬 연결

병렬 연결은 아래 그림과 같이 펌프로 물을 높은 곳으로 끌어 올린 후 물을 두 갈래로 나누어 떨어뜨리면서 두 물레방아를 동시에 돌리는 경우와 비슷하다.

끌어 올린 물은 두 갈래로 나뉘어 떨어지면서 물레방아 두 개를 동시에 돌린 후 다시 합쳐서 흐른다. 이때 두 물줄기에 흐르는 물의 양을 더하면 처음 펌프로 끌어 올린 물의 양과 같고, 두 물줄기가 떨어진 높이는 펌프로 끌어 올린 물의 높이와 같다.

$$h=h_1=h_2$$

이와 같은 물의 흐름을 저항 $R_1$과 $R_2$가 전압이 $V$인 전원에 병렬로 연결된 경우와 비교하여 살펴보자.

두 물레방아로 물이 각각 나뉘어 흐르므로 두 물레방아에 흐르는 물의 양을 더하면 처음에 펌프로 끌어 올린 물의 양과 같다.

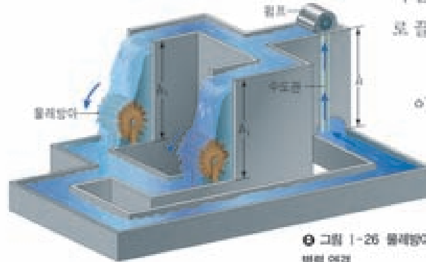



그림 Ⅰ-26 물레방아의 병렬 연결

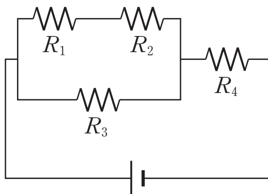
32 Ⅰ. 전기와 자기

잠깐 체크

저항을 직렬로 연결하면 전체 저항이 증가하는 이유는, 저항의 길이가 늘어난 것과 같은 효과가 나타나기 때문이다.

참고 자료 **저항의 혼합 연결**

여러 개의 저항이 직렬과 병렬로 혼합하여 연결된 회로에서, 전체 저항과 각 저항의 양단에 걸리는 전압 및 저항에 흐르는 전류의 세기를 찾는 방법을 생각해 보자.




저항의 혼합 연결

위 회로에서 $R_1$과 $R_2$는 직렬로 연결되어 있으므로 이 두 저항을 하나의 저항 $R_{12}$로 대신한다면 $R_{12}=R_1+R_2$이다. 이번에는 $R_{12}$와 $R_3$가 병렬로 연결되어 있으므로 이 두 저항을 다시 하나의 저항 $R_{123}$으로 대신한다면 $\frac{1}{R_{123}}=\frac{1}{R_{12}}+\frac{1}{R_3}$이다.

이제 $R_{123}$와 $R_4$가 직렬로 연결되어 있으므로 전체 저항 $R$는 $R_{123}+R_4$가 됨을 알 수 있다. 이렇게 전체 저항을 구하게 되면 옴의 법칙으로 회로에 연결된 전원의 전압을 통해 전체 전류를 구할 수 있게 되고, 다시 이를 통해 $R_{123}$과 $R_4$의 양단에 걸리는 전압을 구할 수 있다. $R_{12}$와 $R_3$는 병렬로 연결되어 있으므로 $R_{123}$에 걸리는 전압이 $R_{12}$와 $R_3$에 그대로 걸리며, 이 전압과 두 저항의 저항값을 이용하면 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 구할 수 있다. $R_1$과 $R_2$는 직렬로 연결되어 있으므로 두 저항에 흐르는 전류의 세기는 $R_{12}$에 흐르는 전류의 세기와 같고 이를 통해 $R_1$과 $R_2$ 양단에 걸리는 전압을 구할 수 있다.

과학 돋보기

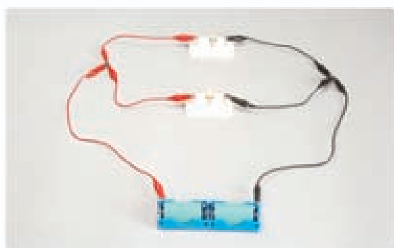
**저항의 병렬 연결**

① 저항이 병렬로 연결되어 있을 때 각각의 저항 양단에 걸리는 전압의 세기는 같다.
$V=V_1=V_2=V_3=\cdots\cdots$

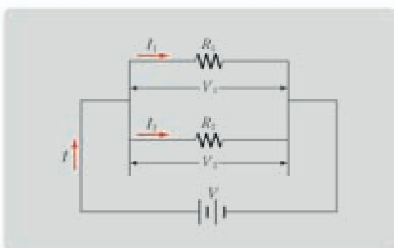
② 전하량이 보존되기 때문에 병렬로 연결된 각각의 저항에 흐르는 전류의 합은 전체 전류와 같다. $I=I_1+I_2+I_3+\cdots\cdots$

③ **저항의 병렬 연결에서 전체 저항 구하기:** 저항값이 $R_1$, $R_2$인 두 저항이 병렬 연결된 회로에서 전체 저항 $R$를 구해 보자. 각각의 저항은 옴의 법칙을 따르므로 $I_1=\frac{V_1}{R_1}$, $I_2=\frac{V_2}{R_2}$이고 전체 회로에서 이 법칙을 적용하면 $I=\frac{V}{R}$이다.

$I=I_1+I_2$에 이 값들을 대입하면 $\frac{V}{R}=\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}$이다. 여기서, $V=V_1=V_2$이므로 결국 $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$이다. 저항이 2개 이상 병렬 연결된 회로에서도 이와 같은 방식을 적용하여 전체 저항 $R$를 구하면, $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots$임을 알 수 있다.



❶ 그림 Ⅰ-27 저항의 병렬 연결




❶ 그림 Ⅰ-28 저항의 병렬 연결 회로도

마찬가지로 저항 $R_1$과 $R_2$를 병렬로 연결하면 두 개의 통로로 전류가 흐르므로 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 더하면 전체 전류 $I$와 같다.

$$I=I_1+I_2$$

또 각각의 물레방아에 떨어지는 물의 높이는 펌프로 처음에 끌어 올린 물의 높이와 같다. 전압도 마찬가지로 각 저항에 걸리는 전압 $V_1$, $V_2$는 전체 전압 $V$와 같다.

$$V=V_1=V_2$$

병렬로 연결한 두 저항 $R_1$, $R_2$의 합성 저항을 $R$라고 하고, 각 저항에 옴의 법칙을 적용하여 정리하면 다음과 같다.

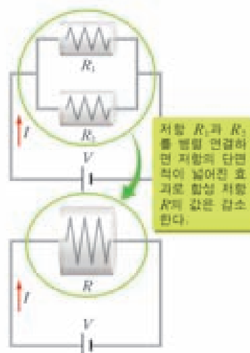
$$I=I_1+I_2 \text{ 또는 } \frac{V}{R}=\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}$$

이때 전압 $V$, $V_1$, $V_2$는 모두 같으므로 합성 저항 $R$는 다음과 같다.

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

즉, 저항을 병렬로 연결하면 전체 저항은 연결된 저항 중 어느 하나보다도 작아진다.

**저항의 병렬 연결**
1. 각 저항에 걸리는 전압은 같다.
2. 저항선이 굵어졌으므로 저항이 감소한다.




❶ 그림 Ⅰ-29 병렬 연결된 두 저항의 합성 저항

**잠깐 체크** 20 Ω의 저항과 30 Ω의 저항을 병렬로 연결하면 합성 저항은 얼마인가?

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 개념 응용하기 | 생활 속 문제 해결하기 |
| --- | --- | --- |
| '전류의 세기는 전압에 비례하고 저항에 반비례한다.'는 무슨 법칙인가? | 여러 가지 물체에 같은 전압을 걸어주어도 전류가 다르게 흐르는 이유는 무엇인가? | 하나의 콘센트에 여러 개의 전기 기구를 연결하면 위험한 이유를 알아보자. |

1. 전기 33

## 잠깐 체크

20 Ω과 30 Ω의 저항이 병렬로 연결되어 있으므로 병렬 연결에서의 전체 저항 $R$를 구하는 식을 사용하면 $R$는 다음과 같다.

$$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{20\times30}{20+30}=\frac{600}{50}=12\ \Omega$$

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

옴의 법칙

▶ **개념 응용하기**

같은 전압을 걸어 주어도 전류가 다르게 흐르는 이유는 물질마다 저항이 다르기 때문이다. 물질의 저항이 작으면 전류가 많이 흐르고 저항이 크면 전류가 적게 흐른다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

콘센트 하나에 전기 기구를 여러 개 연결하게 되면 각각의 전기 기구들이 전원에 병렬로 연결된다. 저항의 병렬 연결에서 전체 전류는 각 전기 기구에 흐르는 전류의 합이 되며 도선에 많은 양의 전류가 흐르면 열이 발생하여 누전이나 합선이 일어나 화재가 발생할 위험이 있다. 따라서 여러 개의 플러그를 꽂을 수 있는 콘센트를 사용할 때 주의해야 한다.

## 심화 학습 키르히호프 법칙

회로에 따라 여러 개의 저항과 전원이 복잡하게 연결된 회로가 있다. 이와 같은 복잡한 회로는 키르히호프의 법칙을 이용하여 분석할 수 있다.

**(1) 키르히호프 제1법칙**

전류의 세기와 관련된 법칙으로, 회로가 여러 갈래로 갈라지는 경우 갈라지는 부분으로 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합은 같다는 것이다. 이는 전하량 보존으로 설명할 수 있다.

**(2) 키르히호프 제2법칙**

전압과 관련된 법칙으로, 폐회로에서 저항과 전원에 의한 전위차의 합은 0이 되어야 한다는 것이다. 즉, 전원 장치로 인하여 상승된 전위는 저항을 통과할 때마다 전압 강하가 발생하여 전위가 낮아지게 되는데, 폐회로를 한 바퀴 돌아 원래 위치로 돌아오면 전위가 처음과 같아져야 한다는 것이다.

이 두 법칙을 적용하여 회로에서 방정식을 세우고 연립 방정식을 풀면 회로의 각 부분에 흐르는 전류의 세기와 각 저항의 양단에 걸리는 전압을 구할 수 있다.

## | 용어 설명 |

**합선** 가정의 배선이나 배선 기구의 용량을 무시한 채로 전기 기구를 사용할 때 열이 발생한다. 이로 인해 전선 피복이 녹아 양극과 음극으로 된 두 전선이 맞닿은 상태가 되면 스파크와 불꽃이 동시에 일어나 고열이 발생하는데 이를 합선이라고 한다.

**누전** 전류가 흘러야 할 정상적인 도선으로 흐르지 않고 전선 피복이 손상되어 전기가 새거나, 손상된 피복을 통해 다른 전기 기구나 금속 재료 등으로 흘러가는 현상을 말한다.

# 1-4 전기 에너지

## 학습 내용 안내

(1) 에너지는 여러 가지 형태가 있음을 알고 서로 전환될 수 있음을 안다.

(2) 전기 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환되는 예를 제시한다.

(3) 전기 기구의 소비 전력을 전압과 전류와 관련지어 이해한다.

(4) 전기 기구가 사용한 전력량을 전력과 시간과 관련지어 이해한다.

## 학습 전개

우리 주변에 여러 가지 형태의 에너지가 있음을 알게 한다.



전기 에너지를 역학적 에너지, 열에너지, 빛에너지, 소리 에너지로 전환시키는 전기 기구의 예를 알게 한다.



전기 에너지를 전압, 전류, 시간으로 나타낼 수 있게 한다.



소비 전력의 뜻을 알고 이를 전압과 전류를 이용하여 나타낼 수 있게 한다.



전력량의 뜻을 알고 이를 전력과 시간을 이용하여 나타낼 수 있게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

이 단원에서 배울 소비 전력 및 전력량을 학습하기 위해서는 앞에서 배운 전류, 전압, 저항에 대한 기본적인 개념을 복습한 후 수업을 진행하는 것이 좋다.



# 1-4 전기 에너지

**학습 목표**

- 전기 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환되는 예를 말할 수 있다.
- 전기 에너지를 소비 전력과 관련지어 설명할 수 있다.

전기는 오늘날 일상생활에서 가장 많이 사용하면서 매우 편리하게 이용되고 있는 에너지이다. 전기는 이용 과정에서 공해가 발생하지 않고 전선을 통해 멀리 떨어진 곳까지도 쉽게 보낼 수 있으며, 빛에너지 · 열에너지 · 역학적 에너지와 같은 다양한 에너지로 쉽게 전환할 수 있다는 장점도 있다.

만약 정전이 되어 전기 공급이 중단된다면 우리 생활은 어떻게 될까?



❶ 전기 에너지의 이용





## 관련 지식

### ❀ 에너지의 뜻과 종류

(1) **에너지의 뜻**: 일을 할 수 있는 능력으로, 역학적 에너지는 일로 전환될 수 있으며 열, 빛, 소리 등도 일을 할 수 있으므로 에너지이다.

(2) **우리 주변의 여러 가지 에너지**

① **열에너지**: 물체의 온도나 상태를 변화시키는 원인이 되는 에너지로, 열에너지를 이용한 기구로는 가스레인지, 온풍기 등이 있다.

② **빛에너지**: 태양, 전구 등에서 나오는 에너지로, 광합성 작용은 이와 같은 빛에너지를 이용해 이산화 탄소와 물을 합성하여 녹말과 같은 영양분을 만든다.

③ **소리 에너지**: 물체의 진동에 의해 발생하는 에너지로, 폭죽이 터질 때 창문이 흔들거리는 것처럼 소리도 일을 할 수 있다.

④ **전기 에너지**: 전류에 의한 에너지로, 우리 생활에서 가장 많이 사용하는 에너지이다. 공해가 없고 전선을 통해서 멀리 떨어진 여러 곳에 동시에 보낼 수 있고, 여러 가지 에너지로 전환이 쉽다.

**전기 에너지의 전환**

우리는 어둠을 밝히기 위해 전등을 켜고 난방을 위해 전열기를 가동하기도 한다. 또한 텔레비전을 시청하거나 휴대 전화를 이용하여 다른 사람과 통화를 하기도 하며, 전철을 타고 이동하는 등 일상생활에서 매우 다양하게 전기 에너지를 이용하고 있다. 이때 사용하는 대부분의 전기 기구들은 전기 에너지를 다른 에너지로 전환시키는 역할을 한다.

전기 에너지는 어떤 에너지로 전환될 수 있는지 알아보자.

해 보기 전기 에너지의 전환 조사

아래 그림과 같이 우리 주변에서 사용되는 여러 가지 전기 기구들을 조사해 보고, 이들 전기 기구에서 전기 에너지는 어떤 에너지로 전환되는지 알아보자.




|과정|

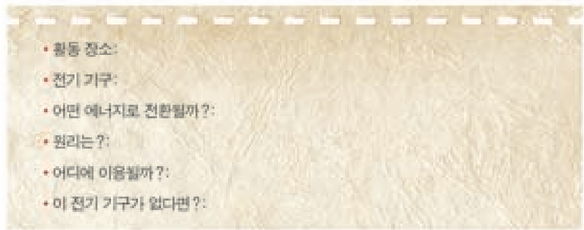
❶ 3~4명으로 모둠을 구성하고 역할을 분담한다.

❷ 집이나 학교, 놀이공원, 병원, 공장 등 주변의 여러 장소 중 하나를 정하여 그곳에서 사용되는 여러 가지 전기 기구들을 조사한다.

❸ 선정한 전기 기구에서 에너지는 어떻게 전환되는지 알아보고 그 원리를 조사한다.

|결과| 창의 · 인성

아래와 같은 양식으로 보고서를 작성하고, 작성한 내용을 모둠별로 발표한다.







1. 전기 35

해 보기 조사

|결과| 창의 · 인성

1 모둠별로 조사한 전기 기구들의 전기 에너지 전환 방법과 그 원리를 발표한 후 보고서를 작성하여 제출한다.

2 보고서 작성 예시

- 활동 장소: 가정
- 전기 기구: 세탁기
- 어떤 에너지로 전환될까?: 전기 에너지가 운동 에너지로 전환된다.
- 원리는?: 전동기의 회전력
- 어디에 이용될까?: 빨래를 할 때 이용되며, 옷을 깨끗하게 세탁할 수 있다.
- 이 전기 기구가 없다면?: 직접 사람의 손으로 빨래를 해야 한다. 세탁물의 양이 많거나 클 경우 사람의 손으로 세탁하기 어렵기 때문에 이 전기 기구가 없으면 큰 불편함을 겪을 수 있다.

3 장소 선정에 따른 전기 제품

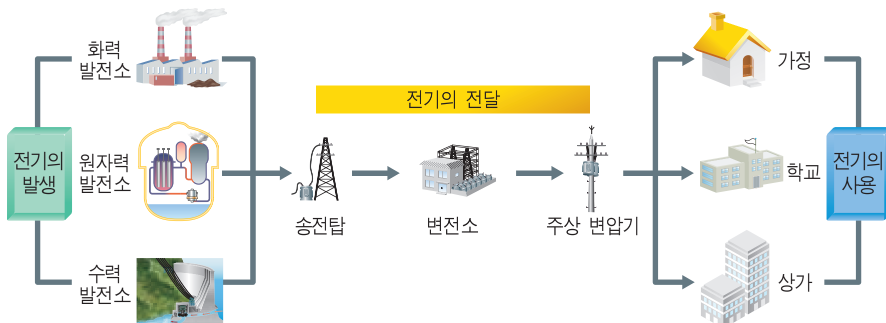
- 활동 장소를 박물관으로 선택한 경우 전시실의 조명등, 온도나 습도 조절 장치를 조사 대상으로 삼을 수 있고, 활동 장소를 공장으로 택한 경우 지게차나 각종 기계 장치를 조사 대상으로 할 수 있다.

※ 각자의 활동을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.

**참고 자료** 전기와 발생과 전달

전기는 기원전 600년경 그리스에서 마찰 전기를 발견하면서 사람들에게 알려졌다. 전기를 발생시키는 방법으로는 마찰 전기를 이용하는 방법 외에도 전자기 유도, 화학 반응, 열 · 압력 · 빛을 이용하는 방법 등이 있다.

오늘날 가정이나 산업 분야에서 사용하는 대부분의 전기는 수력 발전소, 화력 발전소, 원자력 발전소 등에서 만들어진다. 이처럼 생산된 전기는 긴 송전 선로와 배전 선로를 통해 가정이나 학교, 공장 등의 전기를 소비하는 소비자에게 전달된다.




전기를 만드는 방법에는 수력 발전, 화력 발전, 원자력 발전 외에 풍력 발전, 조력 발전, 태양열 발전, 지열 발전 등도 있다.

⊙ 전기의 발생과 전달

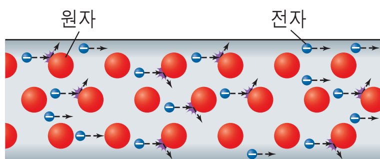
**잠깐 체크**

선풍기나 세탁기, 엘리베이터 등과 같이 전동기가 사용되는 전기 기구는 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시킨다.

## 관련 지식

### 전류에 의한 열의 발생

도선에 전류가 흐르면 전자가 이동하면서 원자들과 충돌하여 원자들의 진동이 활발해진다. 이에 따라 도선의 온도가 올라가게 된다.



❸ 전류가 흐르는 도선

### 발열량

발열량은 전류가 흐를 때 도선에서 발생하는 열의 양을 의미한다.

| 발열량$(Q)$ = 전압 × 전류 × 시간 |
|---|

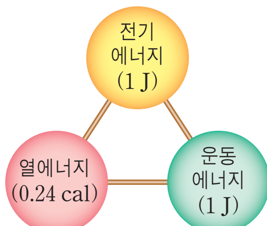
(1) **발열량의 단위:** J(줄), cal(칼로리)

(2) **발열량의 측정:** 전류가 흐르는 니크롬선을 물에 담그고 물의 온도 변화로 측정한다. ➡ 발열량은 물의 온도 변화에 비례한다.

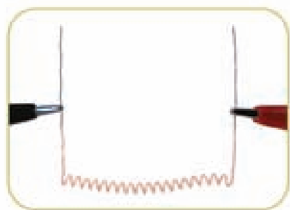
(3) **발열량과 시간, 전압, 전류의 관계:** 발열량은 전류가 흐른 시간, 전압, 전류에 각각 비례한다.

### 에너지의 종류와 단위

운동 에너지의 단위로는 J를 쓰고 열에너지의 단위로는 cal을 쓴다. 1 J≒0.24 cal



❹ 에너지의 단위


❶ 그림 Ⅰ-30 열이 발생하는 니크롬선_ 니크롬선 양단에 전압을 걸어 전류를 흐르게 하면 니크롬선이 뜨겁게 달궈진다.

전기 에너지를 사용한다는 것은 전류가 일을 한다는 사실을 의미하는데, 전류가 하는 대표적인 일은 **열작용**에 의해 전기 에너지를 열에너지로 전환하는 것이다. 열작용이란 금속과 같은 물질에 전류가 흐를 때 저항에 의해 열이 발생하는 것을 말한다. 이러한 작용에 의해 전기다리미, 전기난로, 전기밥솥, 전기 주전자, 헤어드라이어 등에서 전기 에너지는 열에너지로 전환된다. 또한 발열 부분의 온도를 높게 하면 빛이 나오는데 전구와 같은 조명 장치는 이러한 원리를 이용한 것이다. 따라서 전구에서는 전기 에너지가 열에너지와 빛에너지로 전환된다.

한편, 전기 에너지는 운동 에너지나 위치 에너지와 같은 역학적 에너지로 전환되기도 한다. 예를 들어 전동기는 세탁기, 선풍기, 엘리베이터 등 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키는 대부분의 기구에 들어 있는 핵심 장치이다.

휴대용 전자 제품에 사용되는 배터리를 충전할 때에는 전기 에너지가 화학 에너지로 전환된다. 화학 에너지로 전환된 전기 에너지는 다시 빛에너지, 소리 에너지, 운동 에너지 등 여러 종류의 에너지로 전환된다.

전기 에너지가 다른 에너지로 전환될 때에 한 종류의 에너지로만 전환되는 것은 아니다. 예를 들어, 텔레비전과 같은 경우에는 전기 에너지가 빛에너지와 소리 에너지로 전환되며, 전류가 흐르는 회로의 저항 때문에 열에너지로의 전환도 함께 일어난다.

잠깐 체크 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키는 장치에는 무엇이 있을까?

**이미지 사이언스 압전 효과**

별도의 건전지 없이 손으로 누르는 것만으로도 전기가 발생하는 물질이 있다면 매우 편리할 것이다. 이것을 압전 현상 또는 압전 효과라고 하는데, 1880년에 프랑스의 피에르와 자크가 석영을 가지고 실험하다가 최초로 발견하였다고 한다. 즉, 석영과 같은 결정 물질에 결정축 방향으로 압력을 가하면 결정의 표면에 전압이 생긴다.

우리 주변에서 압전 효과를 이용한 장치에는 손으로 돌려 불을 켜는 점화 장치와 압력 센서가 내장된 전자 저울 등이 있다.

❹ 전자 저울

36 Ⅰ. 전기와 자기



**이런 실험도 가능해요!** 전기 에너지와 열에너지의 양적 관계

그림과 같은 장치로 열량계에 공급된 전기 에너지와 물(200 g)에 흡수된 열에너지를 측정하여 전기 에너지 1 J에 해당하는 열에너지가 0.24 cal라는 것을 알 수 있다.


❺ 열량 측정 장치

| 열량계에 걸린 전압 | 10 V |
|---|---|
| 열량계에 흐른 전류 | 1 A |
| 전류가 흐른 시간 | 3분 |
| 물의 처음 온도 | 25.0℃ |
| 물의 나중 온도 | 27.2℃ |

- 공급된 전기 에너지 = 10 V × 1 A × 180초 = 1,800 J
- 흡수된 열에너지 = 1 cal/g·℃ × 200 g × 2.2℃ = 440 cal
- 전기 에너지 1 J에 해당하는 열에너지는 약 0.24 cal이다.

### 소비 전력

일상생활에서 사용하는 전기 기구들 중에는 같은 시간 동안 사용하더라도 전기 에너지를 많이 소비하는 것과 적게 소비하는 것이 있다.

전기 기구에서 전기 에너지의 사용량은 어떻게 나타낼까?

전기 에너지($E$)는 전기 기구에 걸리는 전압($V$)이 클수록, 흐르는 전류($I$)가 셀수록, 사용 시간($t$)이 길수록 소비량이 커지는데 이들의 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$\text{전기 에너지}(E)=\text{전압}(V)\times\text{전류}(I)\times\text{시간}(t)$$

> **용어** 전기 에너지의 단위
> 일의 단위와 같은 J(줄)을 사용하는데, 1J은 1V의 전압으로 1A의 전류를 1초 동안 흐르게 했을 때 공급된 전기 에너지를 의미한다.

전기 기구가 1초 동안에 소비하는 전기 에너지를 **소비 전력**이라고 한다. 시간 $t$ 동안 전기 에너지 $E$를 소비하였다면 소비 전력 $P$는 다음과 같이 나타낼 수 있으며, 단위는 **W(와트)**를 사용한다.

$$\text{소비 전력}(P)=\frac{\text{전기 에너지}(E)}{\text{시간}(t)}=\frac{\text{전압}(V)\times\text{전류}(I)\times\text{시간}(t)}{\text{시간}(t)}=\text{전압}(V)\times\text{전류}(I)$$

> **용어** 소비 전력
> 어떤 힘이 1초 동안 하는 일을 일률이라고 하듯이 소비 전력은 전류가 1초 동안 하는 일, 즉 전류의 일률이라고 할 수 있다.

또, 전기 기구의 저항이 $R$일 때 $V=IR$ 또는 $I=\frac{V}{R}$이므로 소비 전력 $P$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P=VI=I^2R=\frac{V^2}{R}$$

위의 식에 따르면 전류가 같을 때에는 저항이 클수록 소비 전력이 크고, 전압이 같을 때에는 저항이 작을수록 소비 전력이 크다는 것을 알 수 있다.

소비 전력이 크면 같은 시간 동안 소비하는 전기 에너지가 크다고 할 수 있다. 예를 들어, 소비 전력이 1000 W인 전기 기구는 500 W인 전기 기구에 비해 같은 시간 동안 사용했을 때 2배의 전기 에너지를 소비한다.

전기 에너지를 절약하기 위해서는 같은 성능이라면 소비 전력이 작은 전기 기구를 사용하는 것이 바람직하다.

❶ 그림 Ⅰ-31 전열기의 소비 전력




1. 전기 37



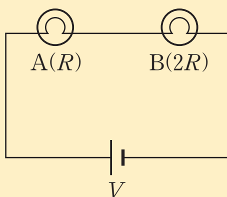

#### ❀ 전력과 일률

| 구분 | 전력 | 일률 |
|---|---|---|
| 정의 | 전기 기구가 1초 동안 소비하는 전기 에너지 | 어떤 힘이 1초 동안 하는 일 |
| 단위 | W(와트)<br>1W: 1초 동안 1J의 전기 에너지를 소비하는 전력 | W(와트)<br>1W: 1초 동안 1J의 일을 할 때의 일률 |

전력은 전기 에너지를 소모하는 빠르기의 개념이므로, 일률과 같은 단위인 W(와트)를 사용한다. 일률의 단위로는 W 이외에도 마력(HP)이 있는데, 짐마차를 부리는 말이 1분 동안 하는 일을 실제로 측정하여 1마력으로 정한 데서 유래하였다. 마력은 주로 자동차 엔진이나 선박의 터빈에 의해 이루어지는 일의 비율을 나타낼 때 사용한다. 1마력을 W 단위로 환산하면 735W에 해당한다.

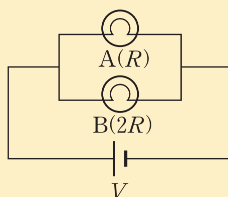
## 심화 학습 전구의 연결과 소비 전력

저항값을 아는 두 전구가 직렬로 연결되어 있을 때에는 흐르는 전류의 세기가 같으므로 소비 전력 공식 $P=I^2R$를 이용하면 편리하고, 두 전구가 병렬로 연결되어 있을 때에는 전압의 크기가 같으므로 소비 전력 공식 $P=\frac{V^2}{R}$을 이용하면 편리하다.




저항이 직렬로 연결되어 있으면 전류가 같고 전압은 전기 저항에 비례한다. 따라서 전력은 전기 저항에 비례한다.

➡ $P_A:P_B=R_A:R_B=1:2$




저항이 병렬로 연결되어 있으면 전압이 같고 전류는 전기 저항에 반비례한다. 따라서 전력은 전기 저항에 반비례한다.

➡ $P_A:P_B=\frac{1}{R_A}:\frac{1}{R_B}=2:1$

### ✚ 참고 자료 가전 기기의 안전한 사용 방법

(1) **과열 방지** 콘센트 한 개에 여러 개의 가전 기기를 연결하여 동시에 사용하면 전선에는 많은 전류가 흐르게 된다. 이로 인하여 전선에 열이 발생하면 절연 상태가 나빠져 화재 발생의 원인이 된다.

(2) **접속 상태 확인** 전기 기구와 전선, 플러그와 콘센트, 콘센트와 전선의 접속 상태가 좋은지 확인한다. 접속 상태가 나쁘면 접속 부분이 움직여서 열이 발생하고 화재가 일어날 수 있다.

(3) **플러그 뽑기** 가전 기기를 사용하는 도중에 정전이 되거나 사용하지 않는 가전 기기는 스위치를 끄고 콘센트에서 플러그를 뽑아 놓는다. 플러그를 콘센트에서 뽑을 때에는 전선을 잡아당기지 말고 플러그 몸체를 잡아 뽑도록 한다.

## 참고 자료 정격 전압의 이해

전기 기구를 정격 전압보다 낮은 전압에 연결하면 소비 전력이 작아져 성능이 저하되고, 정격 전압보다 높은 전압에 연결하면 대부분의 경우 성능이 더 좋아지는 것이 아니라 전기 기구가 고장 나거나 과열되어 사고의 위험이 높아진다.

### 스스로 해결하기

전력량＝( 전력 )×시간

### 잠깐 체크

1시간은 3,600초이므로
1 Wh＝1 W×3,600s＝3,600 W·s
＝3,600 J이다.

### 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

소비 전력은 전압×전류이므로 이 전기 기구의 소비 전력은 220 V×0.5 A＝110 W이다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

일반적으로 다리미와 같은 전열 기구는 소비 전력이 크고, 소형 가전 제품은 소비 전력이 작다.

▶ **과학과 생활 연관 짓기**

LED는 전력 소비량이 낮고 에너지 효율이 높다. 또한 외부 충격에 강하고 안전하며, 수명이 길다. 인체에 해로운 물질을 사용하지 않아 친환경적이다. 이러한 LED는 디지털 벽시계, 손목시계, 텔레비전, 교통 신호등, 디스플레이 화면, 각종 조명 시스템 등에 매우 다양하게 이용된다.



가정에서 사용하는 전기 기구에는 정격 전압과 정격 소비 전력이 표시되어 있다. 정격 전압은 전기 기구를 안전하고 효율적으로 사용할 수 있는 전압을 나타낸 것으로서 전기 기구를 사용할 때에는 반드시 정격 전압에서 사용해야 한다.

정격 소비 전력은 정격 전압에서 전기 기구가 소비하는 전력을 나타낸 것이다. 예를 들어, 220 V-100 W인 전기 기구는 정격 전압 220 V에 연결했을 때 소비 전력이 100 W로서, 1초당 100 J의 에너지를 소비한다.

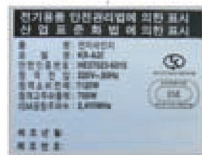


그림 Ⅰ-32 **전기 기구와 정격 소비 전력**_ 가정에서 사용하는 대부분의 전기 기구에는 정격 전압에 따른 정격 소비 전력이 표시되어 있다.

가정에서 사용한 전기 에너지의 양을 J로 나타내면 그 값이 매우 커서 불편하다. 따라서 오랜 시간 동안 사용한 전기 에너지는 편의상 전력과 사용한 시간의 곱으로 나타내는데, 이를 **전력량**이라고 한다.

전력량＝전력×시간

전력량의 단위로는 흔히 **Wh(와트시)**를 사용하는데 1 Wh는 소비 전력이 1 W인 전기 기구를 1시간 동안 사용했을 때의 양이다.




또한, 가정에서 전기 요금을 낼 때에는 청구서에 표시되는 전력량은 보통 kWh로 표시되는데 1 kWh는 1,000 Wh이다.

전력량계는 사용한 전기 기구의 누적 전력량을 자동으로 계산하여 표시해 주는 장치이다.



그림 Ⅰ-33 전력량계(아날로그 방식)



그림 Ⅰ-34 전력량계(디지털 방식)

잠깐 체크 1 Wh는 몇 J일까?




| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 정격 전압이 220 V인 전기 기구에 0.5 A의 전류가 흐른다면 이 전기 기구의 소비 전력은 얼마인가? | 가정에서 사용하는 전기 기구 중 소비 전력이 가장 큰 것과 작은 것은 무엇인지 찾아보자. | 최근에 조명 장치로 발광 다이오드(LED)가 많이 사용되고 있다. 발광 다이오드(LED)의 장점과 이용 예를 조사해 보자. |

38 Ⅰ. 전기와 자기




### 전기 에너지와 전력량의 비교

전기 에너지와 전력량은 사용하는 단위가 다르지만 결국 같은 물리량이다.

| 구분 | 전기 에너지 | 전력량 |
|---|---|---|
| 정의 | 전류가 흐를 때 공급하는 에너지 | 어느 기간 동안 사용한 전기 에너지의 총량 |
| 관계식 | 전기 에너지＝전압×전류×시간 | 전력량＝전력×시간 |
| 단위 | J(줄)<br>1J＝1V×1A×1s | Wh(와트시)<br>1Wh＝1W×1h |
| 활용 | 전기 에너지 1J은 역학적 에너지 1J에 해당하므로 전환된 에너지 사이의 양을 비교하기 쉽다. | 전기 기구에 소비 전력이 표시되어 있으므로 전기 기구가 사용한 전기 에너지를 표시하는 데 편리하다. |
| 관계 | 1Wh＝1W×1h＝1W×3,600s＝3,600J | |

한 달 단위로 부과되는 전기 요금 청구서에 사용한 전기 에너지를 J 단위로 표시하면 숫자가 매우 커진다. 이러한 불편함을 없애기 위해 J 단위보다 큰 Wh, 또는 kWh 단위를 도입하여 사용하는 것이다.

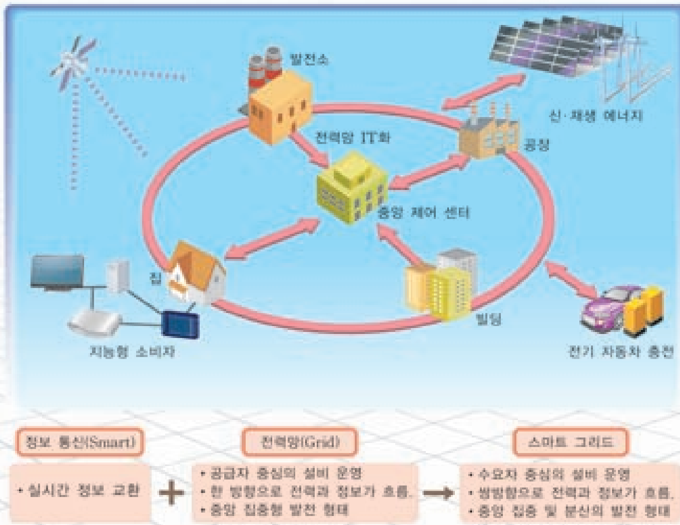
# 스마트 그리드(Smart Grid)

STEAM 융합

현재의 전기 시스템은 실제 사용량보다 15 % 정도 많은 양의 전기를 생산하도록 설계되어 있다. 이것은 평소보다 더 많은 양의 전기를 사용할 경우에 대비하기 위한 것이다. 그러나 이를 위해 연료를 확보해야 하고 각종 발전 설비가 추가적으로 필요하기도 하지만 버려지는 전기가 많아 에너지 효율이 떨어진다. 또한 석탄, 석유, 가스 등을 태우는 과정에서 이산화 탄소의 배출이 늘어나 지구 온난화에도 영향을 미친다.

스마트 그리드란 기존의 전력망에 정보 통신 기술을 융합하여 공급자와 소비자가 쌍방향으로 실시간 전력 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망을 말한다. 즉, 전력 공급과 전력 수요의 균형을 맞추어 필요한 만큼 전기를 생산하고 사용하는 시스템이다.

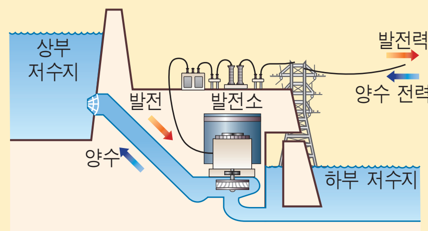
스마트 그리드가 구축되면 더욱 정확한 전력 수요에 대한 예측이 가능해짐으로써 예비 전력을 낮출 수 있으므로 에너지 낭비를 줄일 수 있다. 또한 신·재생 에너지에 바탕을 둔 전력 생산의 분산을 통해 에너지의 해외 의존도가 감소될 수 있으며, 화석 연료의 사용이 절감되어 온실기체 배출을 줄일 수 있어 지구 온난화 방지에도 기여할 수 있다. 스마트 그리드는 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등 산업 전반과 연계되어 파급 효과가 클 것으로 기대된다. 우리나라에서는 2010년부터 제주 특별 자치도를 스마트 그리드 실험 단지로 선정하여 전력망을 구축하고 있다.




1. 전기 39

**심화 학습** **양수 발전**

사람은 주로 낮에 활동하므로 밤에는 낮보다 소비하는 전력량이 적다. 원자력 발전은 발전 설비상의 문제로 밤에도 발전을 중단하지 않고 전력을 생산하게 되어 밤에는 전국의 전기 수요량보다 발전량이 크게 증가하여 전기 에너지 효율이 떨어진다. 이와 같이 밤에 남는 전기 에너지를 활용하는 것이 양수 발전이다. 밤에 남는 전기 에너지로 낮은 곳의 물을 높은 곳의 저수지로 퍼올려 저장하였다가 이 물로 낮에 수력 발전을 하여 전력 수요가 증가하는 낮에 공급하면 전기 에너지의 효율을 높일 수 있고, 대규모 정전 시 타 발전소에 최초 전력을 공급해 주는 역할도 수행할 수 있다.




❷ 양수 발전 모식도

우리나라는 청평, 삼랑진, 무주 등 7개소에 총 16기의 양수 발전기를 가동하고 있으며, 설비 용량은 합쳐서 4700 MW 정도에 이른다.

**| 관련 지식 |**

**❀ 여러 가지 발전 방식**

발전 방식은 전기를 얻는 데 사용한 에너지가 무엇이냐에 따라 구분된다.

(1) **수력 발전** 댐에 고인 물을 낙하시켜 발전기에 연결된 터빈을 돌려서 전기를 얻는다.
➡ 위치 에너지 → 운동 에너지 → 전기 에너지

(2) **화력 발전** 석탄이나 석유 등을 연소시켜 얻은 열로 고온 고압의 수증기를 만들고 이 수증기로 발전기에 연결된 증기 터빈을 돌려서 전기를 얻는다. 발전 과정에서 많은 이산화 탄소가 발생하여 지구 온난화에 영향을 준다.
➡ 화학 에너지 → 열에너지 → 운동 에너지 → 전기 에너지

(3) **원자력 발전** 우라늄이 핵분열할 때 발생하는 열로 고온 고압의 수증기를 만들고 이 수증기로 발전기에 연결된 증기 터빈을 돌려서 전기를 얻는다. 방사성 물질에 대한 관리가 필요하다.
➡ 핵에너지 → 열에너지 → 운동 에너지 → 전기 에너지

(4) **풍력 발전** 바람을 이용하여 발전기에 연결된 날개를 돌려서 전기를 얻는다.
➡ 운동 에너지 → 전기 에너지

(5) **조력 발전** 바닷물의 조류를 이용하여 발전기에 연결된 터빈을 돌려서 전기를 얻는다. 시설비가 많이 드는 단점이 있다.
➡ 운동 에너지 → 전기 에너지

(6) **태양광 발전** 태양 전지판을 이용하여 태양의 빛에너지를 바로 전기 에너지로 전환시킨다. 친환경 발전 방법이지만 태양 전지의 시설비로 경제성이 떨어진다.
➡ 빛에너지 → 전기 에너지



# 2-1 전류에 의한 자기장

## | 학습 내용 안내 |

(1) 자기력과 자기장의 의미를 알고 자기장의 방향을 표현한다.

(2) 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 이해한다.

## | 학습 전개 |

전기 현상과 자기 현상의 예를 말하고 어떻게 다른지 발표하게 한다.



자석에 의한 자기장의 의미와 그 특징을 알고 지구 자기장의 모양을 이해하게 한다.



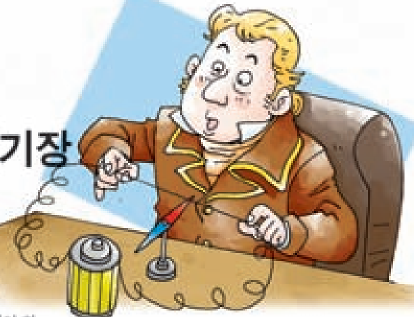
탐구 활동을 통해 직선 전류에 의한 자기장의 특징을 알아보고 앙페르 법칙을 이해하게 한다.



원형 전류에 의한 자기장과 솔레노이드에 의한 자기장을 이해하고 전류에 의한 자기장을 이용하는 예를 제시한다.

Ⅰ. 전기와 자기

# 2-1 전류에 의한 자기장



**학습 목표**

- 자기장의 의미를 말할 수 있다.
- 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 설명할 수 있다.

1820년 덴마크의 물리학자 외르스테드는 전기에 관한 실험 강의 중 도선에 전류를 흘려 주었더니 도선 근처에 있는 나침반의 자침이 회전하는 현상을 발견하였다. 바늘이 회전하는 것은 어떤 힘 때문일까?

외르스테드 이전까지 과학자들은 전류가 흐르는 도선이나 전지 등은 자석과 비슷한 점이 없었기 때문에 전기와 자기는 별개의 현상으로 생각하였다. 그러나 외르스테드는 전류에 의해 자침이 회전하는 힘이 두 자석 사이에 작용하는 힘과 같은 종류의 힘이라는 사실을 알아내고 전류가 자기장을 만든다는 결론을 내렸다. 외르스테드의 발견으로 전기 현상과 자기 현상은 서로 밀접한 관련이 있음을 알게 되었다.

만일 이러한 발견이 없었다면 오늘날 이토록 다양한 전기·전자 제품은 만들어지지 못했을 것이고 인류가 누리는 전기 문명은 아주 작은 범위에 그쳤을 것이다. 예를 들어 전자석, 전동기, 스피커 등은 모두 전류의 자기 작용을 이용한 것이다.




그림 Ⅰ-35 전류의 자기 작용_ 전류가 자기장을 만든다는 사실을 발견함으로써 우리가 생활하는 공간에서 전기의 이용 범위가 더 넓어졌다.

42 Ⅰ. 전기와 자기

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 우연한 기회에 과학적 발견을 이룬 외르스테드의 이야기를 통해 전류에 의한 자기 현상이 어떤 의미를 갖는지 생각해 보게 한다.

2 탐구 활동 시에는 정성적인 현상 위주로 비례 관계를 찾도록 지도하고 정량적인 관계식은 가능한 한 다루지 않는다.

3 자기장을 이용하는 사례를 풍부하게 제시하고, 영구 자석에 비해 전류에 의한 자기장을 이용할 때 편리한 점을 알아낼 수 있도록 지도한다.

### 참고 자료 외르스테드(Örsted, H. C. ; 1777~1851)



외르스테드

전류의 자기 작용은 외르스테드가 대학에서 실험 강의를 하던 중에 발견하였다. 볼타 전지의 양극을 긴 철사로 연결하여 전류가 흐르게 하고 그 아래에 자침을 놓았더니 철사가 놓인 방향과 수직으로 자침이 회전하는 현상이 일어났다. 그 후 그는 세밀한 실험을 통해 전류가 흐르는 도선이 주변의 자침에 힘을 미친다는 것을 증명하였다.

중력이나 전기력, 자기력 등과 같은 힘들은 일직선 상에서 작용하는 인력 또는 척력인 데 비해 이 새로운 힘은 나침반이 놓인 위치나 전류가 흐르는 방향에 따라 작용 방향이 달라졌기 때문에 당시 사람들의 큰 관심을 불러일으켰다.

외르스테드가 도선에 흐르는 전류에 의해 자기장이 만들어지는 현상을 발견한 것은 오늘날 전자기학이 탄생하게 되는 출발점이 되었다. 이후 전류가 흐르는 도선 사이에 작용하는 힘에 대한 법칙을 발견한 앙페르, 전자기 유도 법칙을 발견한 패러데이, 전자기 방정식을 만든 맥스웰 등에 의해 고전 전자기학이 완성되어 갔다.

## 자기장이란

인류는 2000여 년 전부터 자석에 대하여 알고 있었다. 자석이라는 말은 고대 그리스의 마그네시아라는 섬에서 발견한 쇠붙이를 끌어당기는 특이한 돌에서 유래한 것으로 알려져 있다.

물체가 철과 같은 금속을 끌어당기는 성질을 **자성**이라고 하며, 자성을 갖는 물체를 자석이라고 한다. 막대 자석의 양 끝은 자성이 가장 센 부분으로서 자극이라고 한다. 자극에는 N극과 S극의 두 종류가 있다.

자석의 두 극을 가까이 하면 같은 극끼리는 척력이 작용하고, 다른 극끼리는 인력이 작용한다. 자성을 띠는 물체 사이에 나타나는 이러한 힘을 **자기력**이라고 한다.

자석 주위에 철가루를 뿌리거나 나침반을 놓으면 철가루가 일정한 모양을 만들거나 자침이 특정한 방향을 가리키는데, 이것은 자석에 의해 자기력이 작용하기 때문이다. 이처럼 자석 주위에서 자기력이 작용하는 공간을 **자기장**이라고 한다.

**N극과 S극**
N극과 S극은 자석이나 자침을 자유롭게 움직일 수 있도록 했을 때 각각 북쪽과 남쪽을 가리키기 때문에 붙여진 이름이다.



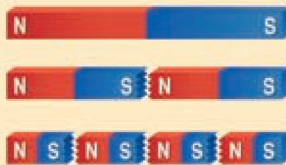
그림 Ⅰ-36 막대 자석 주위의 철가루


그림 Ⅰ-37 막대 자석 주위의 나침반

**과학 자료실** 자석의 극을 분리할 수 있을까?

자석을 반으로 자르면 N극과 S극이 분리될까? 오른쪽 그림과 같이 자석은 계속 반으로 잘라도 항상 두 극이 함께 쌍으로 존재한다. 즉, 한 개의 극만 갖는 자석은 존재하지 않는다.

이것은 눈에 보이지 않는 원자 단위까지 자른다고 해도 유지되는 성질이다. 그 이유는 자석을 이루는 원자 하나하나도 서로 쌍극을 이루고 있기 때문이다.



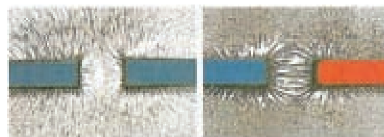

2. 자기 43

## 과학 둘러보기

### 자기력과 자기장

(1) **자성과 자극** 물체가 철과 같은 금속을 끌어당기는 성질을 자성이라고 하며, 자성의 원인을 자기, 자성을 갖는 물체를 자석이라고 한다. 자석의 양 끝과 같이 자성이 가장 센 부분을 자극이라고 하며 자극에는 N극과 S극의 두 종류가 있다.

(2) **자기력** 자석의 두 극을 가까이 하면 같은 극끼리는 척력이 작용하고, 다른 극끼리는 인력이 작용한다. 자성을 띠는 물체 사이에 나타나는 이러한 힘을 자기력이라고 하는데, 자기력은 두 자석 사이의 상호 작용이다.


자기력(같은 극) 자기력(다른 극)

(3) **자기장** 자기력이 미치는 공간을 말하며, 어느 한 점에서 자기장의 방향은 그곳에서 자침의 N극이 받는 힘의 방향으로 정한다. 자석은 주위에 자기장을 만들고, 이 자석의 자기장에 다른 자석을 놓으면 자기장으로부터 자기력을 받게 된다. 즉, 자기력은 자기장을 통하여 전달된다. 또한 자기장이 센 곳에서는 자석이 받는 자기력도 크다.

**참고 자료** 자기와 관련된 역사

자기(magnetism)라는 말은 쇠를 끄는 성질을 갖고 있는 자철광이 산출된 마그네시아(Magnesia)라는 지방의 이름에서 유래되었다는 설과, 마그네스(Magnes)라는 양치기가 소아시아의 이다(Ida) 산의 비탈에서 우연히 자철광을 발견한 데에서 유래되었다는 설 두 가지가 있다.

지구 자기를 이용하는 나침반은 중국에서 처음 사용되었다.

11세기 중국에서는 자침을 가벼운 갈대에 붙여서 물에 띄우고 방위를 알아보는 데 사용하였다. 또 명주실에 자침을 달아 사용하였다는 기록도 있다.

이후 이것은 바다를 항해할 때 사용되었으며, 아라비아 선원에 의해 전 세계에 보급되었다.

전기와 자기에 대한 조직적이고 과학적인 연구는 16세기 영국의 궁중 의사였던 길버트(Gilbert, W. ; 1540~1603)에 의해서 이루어졌다. 그는 처음으로 전기와 자기를 구별하고 공 모양의 자석에 대한 실험을 통해 지구가 하나의 거대한 자석임을 증명하였다. 또 자석을 가열하면 자기 성질을 잃는다는 것과 철판을 자화시키는 방법도 발견하였다. 그는 마찰 전기에 대한 지식을 넓혔으며, 호박 이외에도 수정, 다이아몬드, 청옥 등과 같은 많은 물질이 마찰에 의해 전기를 띠게 된다는 점도 발견하였다.

그러나 길버트의 많은 업적에도 불구하고 전류가 발견되고 상당한 시간이 경과하여 전류가 갖는 자기적 성질이 발견된 후에야 비로소 전기와 자기에 관한 체계적 이론이 수립되었다.

앙페르는 전류가 흐르는 도선 사이에 작용하는 자기력을 측정하였고, 패러데이는 자기 작용을 통해 전기를 만들어 낼 수 있다는 사실을 최초로 발견하였다.

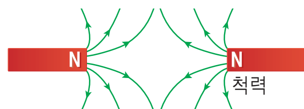


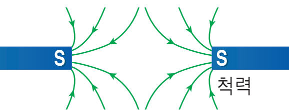
## 과학 돋보기

### ❀ 자기력선

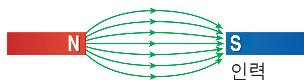
자기력선은 눈에 보이지 않는 자기장을 시각적으로 나타내기 위해 그린 가상의 선이다. 자기력선의 성질은 다음과 같다.

- N극에서 나오고 S극으로 들어가며, 자석 내부에서는 S극에서 N극으로 이어진다. 따라서 자기력선은 항상 폐곡선을 이룬다.
- 자기력선은 도중에 끊어지거나 갈라지지 않으며, 자기력선끼리 서로 만나지 않는다.
- 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장이 강하고 넓을수록 약하다.
- 자기력선의 한점에서 그은 접선 방향이 그 점에서 자기장의 방향이다.



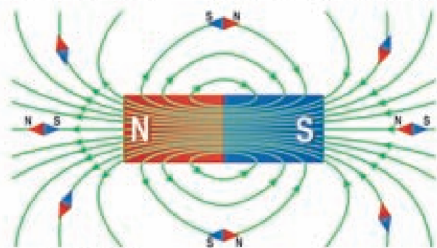

❸ 서로 같은 극 사이의 자기력선



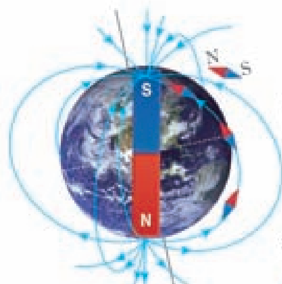

❸ 서로 다른 극 사이의 자기력선

자기장의 방향을 표시하여 나타내면 편리한 경우가 많은데, 자기장 내에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 자기장의 방향으로 정한다. 이때 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 이은 선을 **자기력선**이라고 하며, 자기력선을 이용하면 자기장을 시각적이고 효과적으로 표현할 수 있다.

자기력선은 N극에서 나오고 S극으로 들어가도록 그리며 도중에 갈라지거나 자기력선끼리 서로 만나지 않는다. 또한 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장이 세다.




❸ 그림 Ⅰ-38 자기력선




❸ 그림 Ⅰ-39 지구 자기장

우리가 나침반을 이용하여 방향을 찾을 수 있는 것은 지구 자체가 하나의 거대한 자석 역할을 하기 때문이다. 지구 자기장의 모양은 마치 지구 내부에 거대한 막대 자석이 있는 것처럼 나타나는데, 자침의 N극이 북쪽을 가리키는 이유는 지구의 북쪽이 막대 자석의 S극에 해당하기 때문이다. 하지만 지구 자기장의 S극과 N극은 각각 지리상의 북극, 남극과 정확히 일치하지는 않고 약간 차이가 나는데 나침반을 이용하여 항해를 할 때에는 이 점을 고려해야 한다.

잠깐 체크 자기장을 시각적으로 표현한 선을 무엇이라고 하는가?

**과학 자료실** 자화

쇠붙이를 자석으로 문지르거나 강한 자석에 붙여 놓으면 쇠붙이도 자석이 되는데 이러한 현상을 **자화**라고 한다. 자화는 무질서한 방향으로 배열되었던 원자 자석들이 외부 자석의 영향을 받아 한 방향으로 정렬되기 때문에 나타나는 현상이다.

N S N

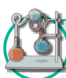
외부 자기장이 없는 경우

외부 자기장이 있는 경우

44 Ⅰ. 전기와 자기

**잠깐 체크**

자기장을 시각적으로 표현한 선을 자기력선이라고 한다. 자기력선은 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 이은 선이다.



## 학습 자료실

### ❀ 자화와 자성체

(1) **자화** 자기장 안에서 자기 구역들이 일정한 방향으로 배열되어 자성을 띠는 현상을 자화라고 한다.

(2) **자성체** 자기장에 의해 자화되는 성질을 가진 물체로 영구 자석이나 기억 소자로 널리 쓰인다.

**심화 학습** 

## 진북과 자북이 일치하지 않는 이유

북위 90°인 지점, 즉 지구의 자전축과 북반구의 교점이 북극점인데, 미국의 로버트 피어리는 1909년에 인류 최초로 북극점을 정복하였다. 남극점은 1911년에 노르웨이의 로알 아문센에 의해 정복된 것으로 알려져 있다. 지구는 하나의 거대한 자석이기 때문에 나침반이 항해술에 이용되고, 나침반의 자침이 가리키는 방향으로 계속 항해하면 북극에 다다르겠지만 지리상의 북극과 지구 자기장의 북극이 정확히 일치하지는 않는다. 왜냐 하면 지구의 자전축은 변하지 않지만 맨틀의 대류에 의한 지구 자기장은 오랜 세월에 걸쳐서 조금씩 변하기 때문이다.

이처럼 지구 자기장은 변하여 역전이 되기도 한다. 지구 자기장은 지난 3억 3,000만 년 동안 400회 이상 역전되었으며 짧게는 10만 년, 길게는 수백만 년에 한 번씩 지구 자기의 북극과 지구 자기의 남극이 뒤바뀌었다고 한다. 지구 자기장이 점차 소멸되고 그 반대 방향에서 다시 생겨나는 것인지, 아니면 단순히 기울어지는 것인지 아직 규명해 내지 못하였지만 지구 자기의 북극이 변해 왔다는 것은 역사적 사실이며, 현재 지리상의 북극과 일치하지 않는다는 것도 분명한 사실이다.

### 직선 전류에 의한 자기장

전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 만들어진다. 이러한 자기장은 어떤 특성을 가지고 있는지 알아보자.



**탐구 활동** 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장 실험

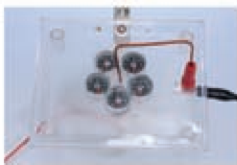
**목표**
전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장에 영향을 주는 요인을 설명할 수 있다.

**준비물**
나침반, 직선 도선, 집게 달린 도선, 전원 장치, 가변 저항기, 스위치, 스탠드, 구멍 뚫린 아크릴판

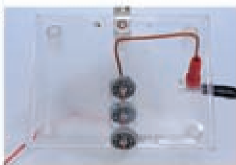
**유의점**
1. 전류가 도선에 너무 오랫동안 흐르면 과열될 수 있으므로 짧은 시간 동안만 흐르게 한다.
2. 나침반은 가능한 한 작은 것을 사용한다.

**과정**
❶ 그림 (가)와 같이 아크릴판에 수직하게 직선 도선을 통과시켜 가변 저항기와 전원 장치를 연결한 후 직선 도선 주위에 여러 개의 나침반을 놓는다.
❷ 회로의 스위치를 닫고 나침반의 자침이 회전하는 방향을 관찰한다.
❸ 가변 저항의 값을 점점 감소시키면서 나침반의 자침이 회전하는 정도를 관찰한다.
❹ 전원의 극을 반대로 바꾸고 과정 ❷를 반복한다.
❺ 그림 (나)와 같이 직선 도선으로부터 일직선상으로 거리를 달리하여 나침반을 놓고 도선에 전류를 흐르게 했을 때 각각의 나침반에서 자침이 회전하는 정도를 비교한다.

(가)



(나)



**결과**
1 (가)에서 직선 전류에 의해 도선 주위에 생기는 자기장은 어떤 모양인가?
2 (나)에서 전류의 세기를 증가시키면 자침이 회전하는 정도는 어떻게 달라지는가?
3 (나)에서 직선 전류가 흐르는 도선으로부터 떨어짐에 따라 자침이 회전하는 정도는 어떻게 달라지는가?

**해석**
1 직선 전류에 의해 생기는 자기장의 방향은 전류의 방향과 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.
2 직선 전류에 의해 생기는 자기장의 세기는 전류의 세기 및 도선으로부터의 거리와 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.



2. 자기 45



## 탐구 활동 실험

### | 목표 |
전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장에 영향을 주는 요인을 설명할 수 있다.

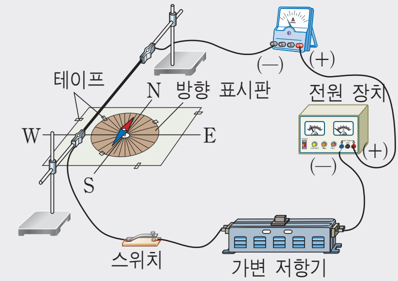
### | 결과 |
1 도선을 중심으로 원을 그리는 자기장이 생긴다.
2 지구 자기장의 영향으로 나침반의 바늘이 가리키는 방향은 도선과 완전히 수직을 이루지는 않는다. 전류의 세기를 증가시키면 전류에 의한 자기장의 세기가 강해지면서 자침의 회전각이 더 커진다.
3 전류에 의한 자기장의 세기가 약해져 자침의 회전각은 작아진다.

### | 해석 |
1 직선 전류에 의해 생기는 자기장의 방향은 전류의 방향을 오른손 엄지손가락으로 가리킬 때 나머지 네 손가락이 감아쥐는 방향이다.
2 직선 전류에 의해 생기는 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다.



**이런 실험도 가능해요!** 직선 도선 주위의 자기장

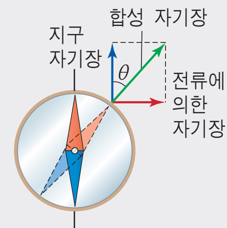
**| 과정 |**




❸ 자기장 크기 비교

(1) 그림과 같이 회로를 구성하고 직선 도선을 남북 방향으로 설치한다.
(2) 도선에 흐르는 전류의 세기를 증가시키면서 나침반 바늘의 움직임을 관찰한다.
(3) 도선에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하여 나침반 바늘의 움직임을 관찰한다.

**| 결과 및 해석 |**
(1) 전류에 의한 자기장과 지구 자기장의 방향이 서로 수직을 이루므로 자침은 북동쪽 또는 남동쪽을 가리킨다.




❸ 자기장의 합성

(2) 전류의 세기가 증가할수록 전류에 의한 자기장의 세기가 강해져 나침반 바늘이 돌아간 각도가 커진다.
(3) 전류의 세기를 변화시키거나 나침반과 떨어진 거리를 변화시켰을 때 나침반의 바늘이 정북에 대해 45°의 각을 이루었다면 지구 자기장의 세기와 전류에 의한 자기장의 세기가 똑같은 것이다.
(4) 전류의 방향이 반대로 바뀌면 나침반 바늘이 기울어지는 방향도 반대로 바뀐다.

**참고 자료** 앙페르(Ampère, A. M. ; 1775~1836)

프랑스의 물리학자이며 수학자인 앙페르는 혁명 시대에 아버지가 옥사하고 뒤이어 아내가 병사하는 등 불행한 개인사를 겪었지만, 파리 대학의 교수로 부임한 이후에는 외르스테드의 영향을 받아 전자기 현상과 전기 역학 분야에 많은 업적을 남겼다.

두 전류 사이의 상호 작용을 조사하여 전자기학의 수학적 공식, 즉 앙페르 법칙을 유도하였으며, 분자 전류에 의해 물질의 자성을 설명하는 가설을 세우기도 하였다.

전류의 단위인 A(암페어)는 그의 이름을 기리기 위한 것이다.



그림 Ⅰ-40 전류가 흐르는 도선 주변의 철가루

전류가 흐르는 직선 도선 주위에 철가루를 골고루 뿌리면 철가루가 동심원 모양으로 일정하게 배열되는데, 이것은 전류가 만드는 자기장에 의해 철가루가 자기력을 받기 때문에 나타나는 현상이다. 이때 직선 도선에 흐르는 전류의 방향을 바꿔도 철가루의 배열은 변하지 않는다. 따라서 직선 도선 주위의 자기장의 방향은 철가루의 배열만으로는 알 수 없다.

전류가 흐르는 직선 도선 주위에 나침반을 여러 개 놓으면 자침의 N극이 가리키는 방향을 연결한 자기력선으로 자기장을 나타낼 수 있다. 이때 직선 도선에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하면 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향도 반대로 된다. 이는 전류의 방향에 따라 자기장의 방향이 달라지는 것을 의미한다.

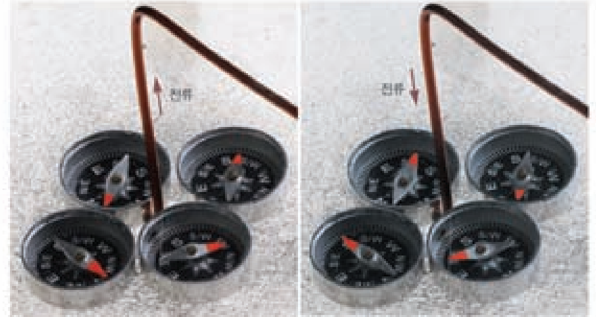



그림 Ⅰ-41 도선에 전류가 위로 흐를 때　　그림 Ⅰ-42 도선에 전류가 아래로 흐를 때



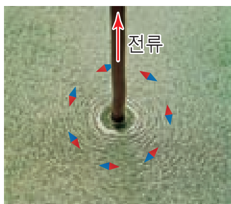

그림 Ⅰ-43 도선에 전류가 흐르지 않을 때
도선에 전류가 흐르지 않으면 나침반의 자침은 모두 일정한 방향(지구 자기장의 방향)을 가리킨다.

## 과학 돋보기

### 전류에 의한 자기장

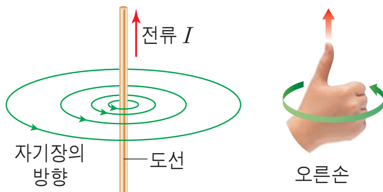
**(1) 직선 전류에 의한 자기장**

① **철가루를 뿌렸을 때의 모양:** 동심원 모양으로 배열된다.




직선 전류 주변

② **자기장의 방향:** 오른손 엄지손가락을 전류의 방향으로 가리킬 때 나머지 네 손가락이 감아쥐는 방향이 자기장의 방향이다.




자기장의 방향 알아보기

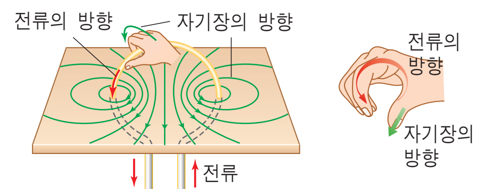
③ **자기장의 세기:** 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 수직 거리에 반비례한다.

**(2) 원형 전류에 의한 자기장**

① **철가루를 뿌렸을 때의 모양:** 원형 도선의 각 부분을 작은 직선 도선으로 생각했을 때 각 직선 도선의 자기력선이 합해진 모양으로 도선 중심에서는 일직선 모양이다.




원형 전류 주변




원형 도선 중심에서 자기장의 방향

② **자기장의 방향:** 원형 도선의 중심에서 자기장의 방향은 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

③ **원형 도선 중심에서 자기장의 세기:** 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선의 반지름에 반비례한다.




❶ 그림 Ⅰ-44 직선 전류에 의한 자기장의 방향과 세기




❷ 그림 Ⅰ-45 오른나사 법칙

자기장의 방향은 오른손을 이용하면 쉽게 알 수 있다.

오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때, 도선을 감아쥐는 나머지 네 손가락의 방향이 자기장의 방향이다. 이를 **앙페르 법칙** 또는 **오른나사 법칙**이라고 한다. 오른나사 법칙에서 나사의 진행 방향은 전류의 방향이고, 나사의 회전 방향은 자기장의 방향이다.

한편, 전류가 흐르는 도선 주변에 나침반을 놓았을 때 도선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 나침반이 돌아가는 각도는 더 커진다. 이것은 전류가 셀수록 도선 주위에 생기는 자기장의 세기가 더 세다는 것을 의미한다.

또한 도선으로부터 멀어질수록 철가루의 배열은 덜 조밀해지고 자기력선의 간격은 더 넓어진다. 이것은 전류로부터 거리가 멀수록 자기장의 세기가 약해지는 것을 의미한다. 따라서 직선 전류에 의해 생기는 자기장의 세기는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

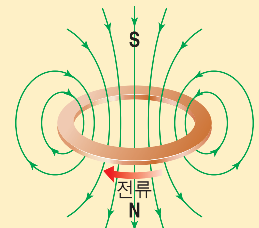
$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{전류로부터의 거리}}$$

직선 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 전류의 세기와 어떤 관계가 있는가?

2. 자기 47

## 심화 학습 영구 자석과 전자

도선에 전류가 흐르면 자기장이 만들어진다. 영구 자석도 전자의 운동에 의한 전류가 만드는 자기장 때문에 생기는 것이라고 할 수 있다. 이 전류는 주로 전자들의 운동 때문에 생기는데, 전자들은 원자 내에서 스핀 운동과 궤도 운동을 병행한다. 원자는 전자의 운동에 의해 자기장을 형성하므로 하나의 작은 자석으로 생각할 수 있다.



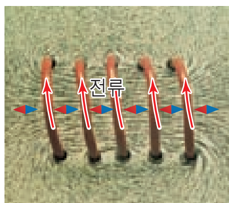

❸ 원형 전류에 의한 자기장

모든 물질은 원자 내에 전자를 가지고 있으므로 항상 자석 효과를 나타내야 할 것 같지만 서로 반대 방향으로 도는 전자들이 짝을 이루면 전자가 만드는 자기장이 서로 상쇄되어 원자 자석의 효과가 나타나지 않는다. 그런데 만일 한 원자 내에 짝을 이루지 않는 전자들이 있으면 원자 자석의 효과가 나타나 강자성이나 상자성을 띠게 된다.

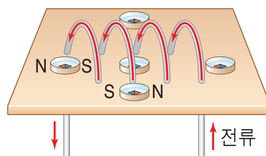
강자성은 상자성에 비해 짝을 이루지 않는 전자들의 개수가 많고 원자들 사이의 상호 작용이 강할 때 나타난다. 반자성은 한 원자 내의 전자들이 모두 짝을 이루어 자기장이 완전히 상쇄될 때 나타난다.

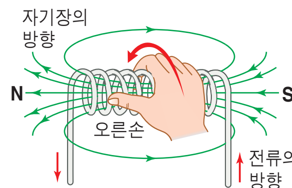
(3) 솔레노이드에 의한 자기장

① 철가루를 뿌렸을 때의 모양: 막대 자석이 만드는 자기장의 모양과 유사하며, 코일 내부에서는 코일축에 나란한 직선 모양으로 나타난다.




❹ 솔레노이드




❺ 코일 내부에서의 자기장의 방향

② 코일 내부에서의 자기장의 방향: 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

③ 코일 내부에서의 자기장의 세기: 내부에서는 균일한 자기장이 만들어진다. 내부에서 자기장의 세기는 코일에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 단위 길이당 코일의 감은 수에 비례한다.

**잠깐 체크**

직선 도선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 자기장의 세기가 세다. 즉, 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다.



**이런 실험도 가능해요!** 마그네틱 카드 정보

(1) 못 쓰는 신용 카드의 뒷면에 있는 자기 띠에 고운 가루 상태의 산화 철($Fe_3O_4$)을 골고루 뿌린다.

(2) 산화 철 가루를 가볍게 털어낸 후 자기 띠에 나타난 무늬를 관찰한다.



⊙ 마그네틱 카드

**| 결과 및 해석 |**

(1) 자기 정보의 흔적에 따라 산화 철이 달라붙어 가느다란 선 형태의 무늬가 나타난다. 여기에는 이름, 유효 기간, 계좌 번호 등이 저장되어 있다.

(2) 자기 띠는 강자성체로 되어 있으며, 전자석에 의해 특정한 방향으로 자화되어 정보가 기록된다.

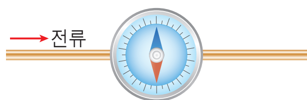
## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

자기장

▶ **개념 응용하기**

앙페르 법칙에 따라 전류의 방향과 수직인 아래 방향을 가리킨다. 이것은 전류에 의한 자기장의 모양이 도선을 중심으로 동심원 모양으로 생기기 때문이다.




▶ **생활 속 문제 해결하기**

전자석은 우리 생활 주변에서 다양하게 사용되고 있다. 예를 들어 비상벨은 쇠붙이와 전자석이 들어 있는 회로로 이루어져 있는데, 스위치를 닫으면 전자석이 쇠붙이를 당겨서 공이가 벨을 때리는 원리로 작동된다. 공이가 벨을 때리면 회로가 열리게 되어 전자석은 자기력을 잃는다. 이때 공이는 탄성에 의해 원래 상태로 돌아가고 다시 벨을 때리는 과정이 반복된다.

**원형 전류에 의한 자기장**

도선을 원형으로 감아 전류를 흘려주면 직선 전류와는 다른 모양의 자기장이 만들어진다. 또한 도선을 원형으로 여러 번 감은 것을 솔레노이드라고 하는데 여기에 전류를 흘려보내면 더욱 강한 자기장이 만들어진다.

전자석은 보통 솔레노이드를 이용하여 만드는데 전류를 흘려주면 자석이 되고 전류를 끊으면 자석의 성질을 잃는다.



⊙ 그림 Ⅰ-46 원형 전류에 의한 자기장



⊙ 그림 Ⅰ-47 솔레노이드에 의한 자기장



⊙ 그림 Ⅰ-48 비상벨

무겁고 긴 철 상자나 철판을 운반할 때 이용되는 전자석 기중기의 아랫부분에는 전자석이 든 사각형 모양의 발이 여러 개 있다. 전기 회로의 스위치를 닫으면 각 발이 모두 강력한 전자석이 된다.

또한 화재나 긴급한 상황에서 울리는 비상벨은 전자석의 성질을 이용하여 전류가 흐를 때에만 소리가 나도록 한 장치이다.


자기 주도 학습

개념 확인하기

자석 주위에서 자기력이 작용하는 공간을 무엇이라고 하는가?

개념 응용하기

그림과 같이 직선 도선 위에 나침반을 놓고, 도선에 전류를 흘려주었을 때 나침반에서 자침의 N극은 어느 방향을 가리키겠는가?

생활 속 문제 해결하기

생활 주변에서 전자석이 이용되는 예를 찾고 작동 원리를 알아보자.



## 과학 돋보기

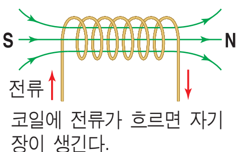
**전자석**

(1) **구조** 코일 속에 철심을 넣어 코일보다 훨씬 강한 자석이 되도록 한 것이다.

(2) **성질** 영구 자석과는 달리 전류가 흐를 때에만 자석이 된다.

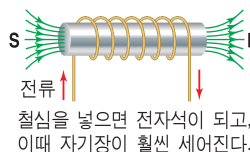
(3) **자극** 전류의 방향에 따라 전자석의 극을 바꿀 수 있다.

(4) **세기** 단위 길이당 코일의 감은 수가 많을수록, 코일에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 강한 자석이 된다.



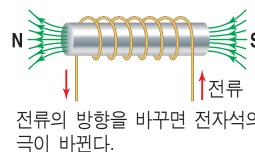

코일에 전류가 흐르면 자기장이 생긴다.

⊙ 솔레노이드 자기장




철심을 넣으면 전자석이 되고, 이때 자기장이 훨씬 세어진다.

⊙ 전자석




전류의 방향을 바꾸면 전자석의 극이 바뀐다.

⊙ 전류의 방향에 따른 자극

(5) **전자석의 이용** 코일에 전류를 흘려주면 전자석이 되는 원리를 이용한 것으로는, 전류계, 스피커, 비상벨, 초인종, 자동문 개폐기 등이 있다. 전동기는 영구 자석과 전자석 사이의 자기력을 이용하는 것이므로 전동기도 넓게 보면 전자석을 이용한 장치라고 할 수 있다.

창의·인성 활동

보충·심화

## 지구 자기장을 이용하는 동물

지구는 하나의 거대한 자석이고, 지구 주위에는 그림과 같은 자기장이 형성되어 있다. 이러한 지구 자기장은 비둘기나 먼 거리를 이동하는 철새와 같은 생물들이 방향을 찾을 수 있는 기준이 된다. 또 어두운 땅속을 다니는 두더지도 이러한 지구 자기장을 이용하여 길을 찾아간다.

그러면 지구 자기장이 변하면 두더지에게 어떤 일이 일어날까? 이스라엘의 탈리 킴치 박사와 스위스의 조셉 테렐 박사는 눈먼 두더지 알젓이 집을 찾아갈 때나 미로를 빠져나갈 때 자기장을 변화시키면 어떤 일이 일어날지를 조사했다.

첫 실험은 중앙에 홈이 있고 거기서 방사상으로 길이 있는 미로에서 실시했다. 두더지는 집으로 돌아갈 때 홈 중앙에서 집으로 난 직선 길을 택했다. 그런데 자기장을 변화시키자 딴 길로 접어들었다가 옆길로 빠지기도 하는 등 혼란스러워했다. 다른 형태의 미로에서도 역시 자기장을 변화시키자 헤매기 시작했다.

이렇듯 지구에서 자기장이 사라지면 자기장을 이용하여 살아가는 동물들의 생활에 큰 영향을 미치게 된다.

지구 자기장의 원인은 정확히 밝혀져 있지 않지만 대부분의 과학자들은 지구 내부의 외핵 안에 있는 전하들이 움직이기 때문에 지구 자기장이 만들어진다고 생각한다.



지구 주위의 자기장



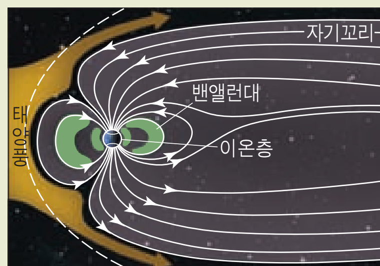
두더지

글쓰기 지구에서 자기장이 사라진다면 지구 땅에 사는 두더지나 철새 등과 같은 많은 생물들이 방향을 찾지 못하여 어려움에 빠지게 될 것이다. 그러면 지구 자기장이 사라졌을 때 우리 생활은 어떻게 달라질까? 상상력을 동원해서 자신의 생각을 글로 써 보자.

2. 자기 49

### 보충 학습 지구 자기장

지구 중심의 핵은 고체 상태의 내핵과 액체 상태의 외핵으로 이루어져 있다. 전기 전도도가 큰 철과 니켈의 용융 상태로 되어 있는 외핵은 회전하면서 전류를 발생시키고, 이 전류에 의해 강력한 자기장이 만들어진다. 외핵의 회전 운동은 지구 자전과 맨틀의 대류 운동 때문에 생기는 것으로 알려져 있다.




지구 주변의 자기장

지구 자기장은 태양으로부터 오는 우주 방사선(뮤온, 중성미자, 전자, 중성자, 감마선 등)이 지표면에 도달하지 못하도록 보호막을 형성해 주는데, 대전 입자들이 지구 자기력선을 따라 나선형으로 밀집되어 있는 공간을 '밴앨런대'라고 한다. 지구 자기장에 의한 밴 앨런 복사대와 지구 중력에 의한 대기층이 없다면 지상의 생명체들은 우주 방사선에 무방비로 노출되어 멸종했을지도 모른다.

### 참고 자료 하드 디스크

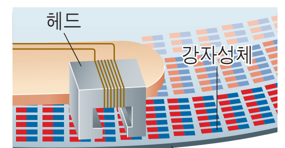
하드 디스크는 자성체로 코팅된 딱딱한 알루미늄 원판을 기록 매체로 사용하여 자기 방식으로 데이터를 기록한다. 하드 디스크는 컴퓨터 내부에 고정되어 있는 자기 디스크 장치로서 회전하는 디스크 판 위로 헤드가 움직이면서 디스크 표면에 데이터를 기록하거나, 디스크에 저장되어 있는 데이터를 읽어 온다.

하드 디스크에서 정보를 저장할 때에는 전기 신호를 자기 신호로 변환시키고, 정보를 읽을 때에는 자기 신호를 전기 신호로 변환시킨다.

하드 디스크는 고속이고 대용량이어서 다량의 데이터 처리를 위해 필수적인 보조 기억 장치로서 전원이 꺼지더라도 저장된 정보가 지워지지 않는다.




하드 디스크의 구조




정보의 읽기와 쓰기

보충·심화

글쓰기 예 강렬한 태양풍과 우주 방사선의 방어막 역할을 하던 지구 자기장이 사라진다면 사람들은 외출할 때마다 두꺼운 외투를 걸치거나 덮개 있는 차량을 이용하게 될 것이다.

※ 글쓰기를 통해 학생들이 창의·인성을 키울 수 있도록 지도한다.

# 2-2 자기장 내의 전류가 흐르는 도선이 받는 힘

## | 학습 내용 안내 |

(1) 자기장 내에서 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘의 특성을 설명한다.

(2) 전동기의 기본 원리를 설명한다.

## | 학습 전개 |

자기장 속에 놓인 전류가 흐르는 도선이 힘을 받는 현상을 정성적으로 관찰하게 한다.



전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 자기력의 방향을 오른손을 이용하여 설명하게 한다.



전동기의 원리를 전류가 흐르는 도선이 받는 자기력으로 설명하게 한다.

I. 전기와 자기

2-2 자기장 내의 전류가 흐르는 도선이 받는 힘

학습 목표

- 자기장 내에서 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘의 특성을 설명할 수 있다.
- 전동기의 기본 원리를 설명할 수 있다.

로봇 축구 대회라는 것이 있다. 로봇 축구는 사람들이 좋아하는 스포츠인 축구와 첨단 과학을 접목하여 만든 것으로, 경기를 보는 사람들은 재미있게 즐길 수 있고, 개발자들은 끊임없이 첨단 기술을 연구하게 만드는 경기이다.

로봇 축구 경기에서 로봇들은 탑재된 프로그램 설정에 따라 이리저리 움직이며 공을 몰고 간다. 이렇게 로봇이 움직일 수 있는 원리는 무엇일까?




### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 현재 우리가 사용하고 있는 전기 기구의 대부분은 전류의 열작용 또는 전류의 자기 작용으로 작동한다.

2 자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘을 예전에는 '전자기력'이라고 하였으나 최근에 '자기력'으로 바뀌었다. 이것은 도선이 받는 힘은 근본적으로 자기력과 같다는 뜻이다.

## | 이 단원을 아우르는 생각의 큰 흐름 |

- 자석 주위에 자기장이 생긴다.
- 전류가 흐르는 도선 주위에도 자기장이 생긴다.
- 자석과 자석 사이에는 힘(자기력)이 작용한다.

→ 전류가 흐르는 도선을 자석 가까이 두면 어떻게 될까?

### 찾아보기

- 물리의 이해 http://physica.gsnu.ac.kr
- 알기쉬운 전기의 세계, 송길영 저, 동일 출판사

자석을 이용하면 물체를 끌어당길 수도 있고, 같은 극의 자석끼리는 서로 밀어내는 힘이 작용한다. 또한 전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 만들어진다. 이것은 "전류가 흐르는 도선과 자석 사이에도 서로 힘이 작용하게 할 수 있을까?"라는 생각으로 자연스럽게 연결될 수 있다.



## 탐구 활동 | 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘 | 실험

**목·표**

전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘을 설명할 수 있다.

**준·비·물**

원형 네오디뮴 자석, 도선, 큰 지우개, 칼, 니퍼, 집게 달린 도선, 전원 장치, 스위치

**유·의·점**

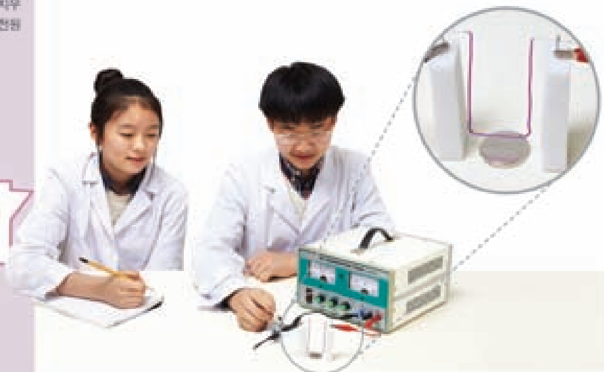
칼을 사용할 때 안전에 유의한다.

**탐·구·도·우·미**

네오디뮴 자석을 뒤집으면 자기장의 방향이 바뀐다.

**과정**

❶ 두 개의 큰 지우개를 세우고 그 사이에 도선으로 만든 그네가 원형 네오디뮴 자석 위로 움직일 수 있게 놓은 후 그림과 같이 전원 장치와 스위치를 연결한다.
❷ 스위치를 닫았을 때 그네가 움직이는 방향을 관찰한다.
❸ 전류의 방향을 반대로 하고, 그네가 움직이는 방향을 관찰한다.
❹ 네오디뮴 자석을 반대로 뒤집어 놓고, 그네가 움직이는 방향을 관찰한다.



**결과**

1 과정 ❷에서 그네가 움직이는 방향은 어느 방향인가?

2 과정 ❸, ❹에서 그네가 움직이는 방향은 어떻게 변하는가?

**해석** 창의 · 인성

1 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향은 전류의 방향이나 자기장의 방향과 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.

2 전류의 방향이나 자기장의 방향이 바뀌면 그네가 받는 힘의 방향은 어떻게 되는지 설명해 보자.

**한 걸음 더**

1 과정 ❷에서 전류의 세기를 점점 증가해 가면서 그네의 움직임을 관찰해 보자.

2 과정 ❷에서 네오디뮴 자석을 그네로부터 더 멀리 한 후 그네의 움직임을 관찰해 보자.

2. 자기 51

## 탐구 활동 실험

### 목표

전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘을 설명할 수 있다.

### 원리 설명

1 자기장에 수직인 방향으로 도선에 전류가 흐를 때 자기력의 방향은 오른손을 이용하여 쉽게 찾을 수 있다.

2 자기장의 방향과 전류의 방향 및 힘의 방향은 각각 수직이다.

3 자기장 내에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘은 전류나 자기장의 세기가 셀수록 커진다.

### 유의점

이 회로는 저항 없이 도선에 직접 연결하였으므로 스위치를 오래 닫아 두면 전원 장치 내부의 코일에 과전류가 흘러 전원 장치에 이상이 생길 수 있으므로 스위치는 짧은 시간 동안 연결한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 지우개와 네오디뮴 자석은 바닥에 테이프 등으로 고정한다.

2 학생들이 자유롭게 토의하고 발표할 기회를 준다.

3 질문을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.

### 결과

1 그네가 움직이는 방향은 놓여 있는 네오디뮴 자석의 극성에 따라 달라진다. 그림과 같이 전류가 왼쪽으로 흐르는 상황에서 만약 네오디뮴 자석의 N극이 위쪽을 향하게 놓여 있다면 그네는 종이 면을 뚫고 들어가는 방향으로 움직인다.



2 과정 ❸에서 전류의 방향을 반대로 하면 그네는 **결과 1**에서의 방향과 반대로 움직인다.
**과정 ❹**에서 네오디뮴 자석을 반대로 뒤집어 놓으면 그네는 **결과 1**에서의 방향과 같은 방향으로 움직인다.

### 해석 창의 · 인성

1 자기장의 방향과 전류의 방향이 수직을 이루도록 도선에 전류를 흘려주면 도선이 받는 힘의 방향은 전류와 수직을 이루고 자기장과도 수직을 이룬다.

2 전류의 방향을 바꾸거나 자기장의 방향을 바꾸면 그네는 전류나 자기장을 바꾸기 전과 반대 방향으로 힘을 받아 움직인다. 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향은 전류의 방향에 영향을 받고, 자기장의 방향에도 영향을 받는다. 만약 전류의 방향을 반대로 하고 자기장의 방향도 반대로 하면 도선이 받는 힘의 방향은 변함이 없다.



### 한 걸음 더

1 **과정 ❷**에서 전류의 세기를 점점 증가시키면 그네가 받는 자기력의 세기가 더 세어지므로 그네는 더 높이 올라가게 된다.

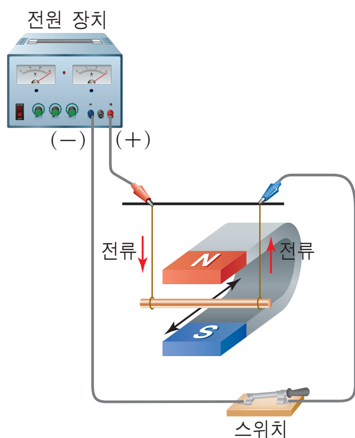
2 **과정 ❷**에서 네오디뮴 자석을 그네로부터 멀리하면 자기장의 세기가 약해지므로, 그네는 원래보다 낮게 올라가게 된다.



과학 돋보기

## ❀ 자기력으로 만드는 그네

그림과 같이 말굽 자석 사이에 코일을 두고 스위치를 장치한다. 스위치를 개폐하여 전류를 흐르게 했다가 흐르지 않게 하는 과정을 반복하면 코일이 마치 그네를 타듯이 왔다 갔다 한다. 그 이유는 자석 사이에 놓인 코일에 전류가 흐를 때 코일이 자기력을 받기 때문이다.




❷ 자기력 그네

잠깐 체크

자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘은 자기력이다.

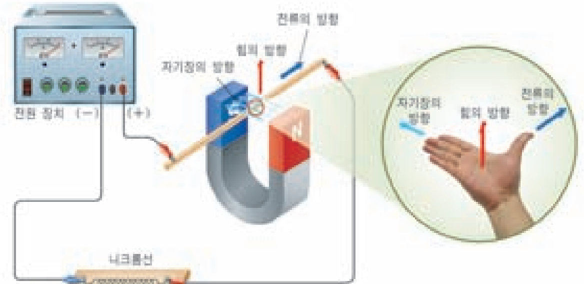
전류가 흐르는 도선 주위에는 자석의 주변과 마찬가지로 자기장이 생긴다. 그러므로 전류가 흐르는 도선을 자기장 속에 놓으면 마치 자석과 자석 사이에 힘이 작용하는 것처럼 도선이 힘을 받는다. 이와 같이 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘도 **자기력**이라고 한다.

전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 자기력의 방향은 오른손을 이용하여 쉽게 찾을 수 있다. 오른손의 네 손가락을 자기장의 방향으로 펴고, 엄지손가락은 이들과 수직으로 전류의 방향을 가리키게 할 때 손바닥이 향하는 방향이 도선이 받는 힘의 방향이다.

도선이 받는 힘의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기가 세거나, 도선 주위의 자기장이 강할수록 커진다.

**자기력의 방향**
자기력의 방향은 그림과 같이 왼손을 이용하여 찾을 수도 있다.




❸ 그림 Ⅰ-49 자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘의 방향

잠깐 체크 자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘을 무엇이라고 하는가?

**전동기**

전동기는 자기장 속에 놓인 도선이 받는 자기력을 이용하여 전기 에너지를 코일이 회전하는 운동 에너지로 전환한다.

에스컬레이터, 엘리베이터, 세탁기, 전철 등은 전동기를 이용하는 전기 기구들이다.

전동기는 전기 에너지를 빛이나 열 이외에 역학적인 일로 바꾸어 주는 작용을 한다는 점에서 전류의 이용 분야를 획기적으로 넓힌 장치라고 할 수 있다.



❹ 그림 Ⅰ-50 전동기

52 Ⅰ. 전기와 자기



이런 실험도 가능해요!

## 간이 전동기 만들기

**| 준비물 |** 네오디뮴 자석, 가는 에나멜선, 굵은 에나멜선, 나무 받침대

**| 과정 |**

(1) 그림 (가)와 같이 굵은 에나멜선을 자르고 끝부분을 꼬아서 두 개의 지지대를 만든다.

(2) 가는 에나멜선을 이용하여 그림 (나)와 같이 반시계 방향으로 여러 번 감아 코일을 만든 뒤 한쪽 끝은 피복을 완전히 벗기고 다른쪽 끝은 반만 벗긴다.

(3) 그림 (다)와 같이 두 개의 지지대 사이에 네오디뮴 자석을 놓고 지지대에 전원을 연결한 뒤 코일을 걸면 전동기가 완성된다.

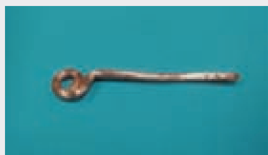


그림 (가)

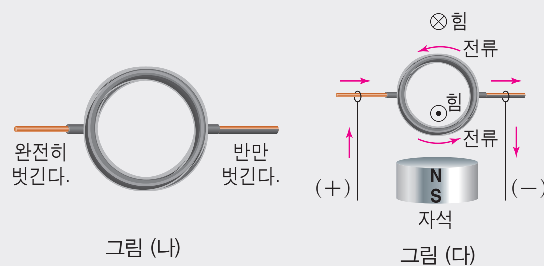



그림 (나)

그림 (다)

**| 결과 |**

그림 (다)에서 보면 코일 아랫면에서 자기장의 방향은 위쪽이고 전류는 오른쪽으로 흐르므로 힘의 방향은 종이 면을 뚫고 나오는 방향이다. 힘을 받아 코일이 180° 회전한 뒤에는 피복을 벗기지 않은 부분이 지지대에 닿게 되므로 전류가 흐르지 않게 된다. 하지만 돌아가던 관성에 의하여 코일은 계속하여 돌게 된다.

일반적으로 전동기는 전류가 흐를 수 있는 코일과 코일을 둘러싸고 있는 영구 자석, 정류자로 구성되어 있다. 전동기가 회전하기 위해서는 회전할 수 있는 코일에 전류를 흐르게 한 다음, 자석을 가까이 하여 코일이 자기력을 받게 해야 한다.

이때 정류자는 전류의 방향을 주기적으로 바꿔 코일이 일정한 방향으로 회전하게 해 준다. 자석 사이의 코일이 받는 힘에 의해 전동기 내의 코일이 회전하는 과정을 자세히 알아보자.

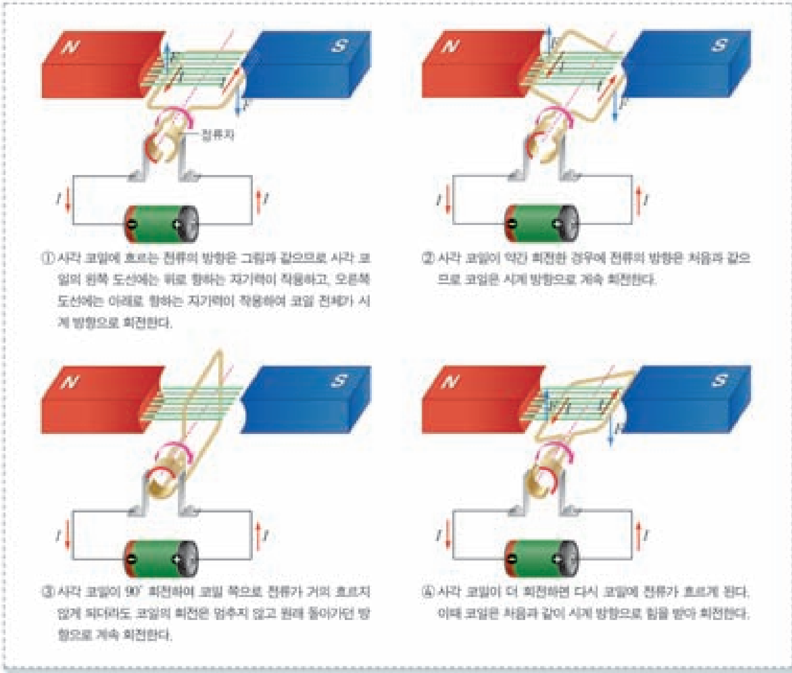


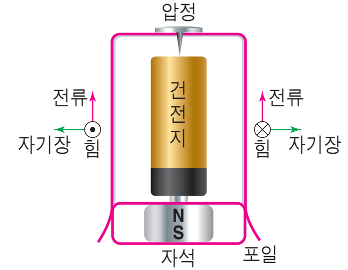

그림 Ⅰ-51 전동기의 원리

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘의 방향은? | 전지로 움직이는 시계의 초침이 돌아가는 원리를 설명해 보자. | 고층 건물에서 엘리베이터를 움직이게 하는 전동기의 원리를 조사해 보자. |

2. 자기 53

## 관련 지식

### 알루미늄 포일 전동기의 원리




알루미늄 포일 전동기

알루미늄 포일 전동기가 돌아가는 이유는 서로 마주 보고 있는 알루미늄 조각이 각자 같은 회전 방향으로 힘을 받기 때문이다.

그림에서 보듯이 알루미늄 포일에는 위 방향으로 전류가 흐르고 영구 자석에 의해 형성된 자기장은 건전지로부터 멀어지는 방향이므로 포일은 위에서 내려다보았을 때 반시계 방향으로 회전한다.



**이런 전동기도 있어요!** 알루미늄 포일 전동기 만들기

**| 준비물 |** 네오디뮴 자석, 건전지, 알루미늄 포일, 셀로판테이프, 필름 통, 칼, 압정

**| 제작 과정 |**

(1) 필름 통에 알루미늄 포일을 잘라 그림 (가)와 같이 셀로판테이프로 붙인다.

(2) 필름 통 뚜껑을 포일로 감싼 다음 네오디뮴 자석을 아래에 두고 그림 (나)와 같이 건전지를 세운다.

(3) 그림 (다)와 같이 압정을 이용하여 필름 통을 건전지 위에 얹으면 포일이 회전한다.



그림 (가)





그림 (나)



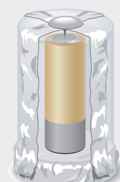


그림 (다)

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

전류와 자기장에 각각 수직한 방향의 자기력을 받는다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

시계의 초침도 자기장 속에 놓인 도선이 받는 힘에 의해 돌아간다. 시계를 분해해 보면 초침을 돌아가게 하는 것이 마치 전동기가 돌아가는 것과 같은 구조로 되어 있다.

▶ 과학과 기술 연관 짓기

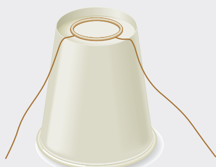
엘리베이터는 강철 로프에 의해 전동기와 연결되어 있는데, 위로 올라가는 버튼을 누르면 전동기가 회전하여 강철 로프를 일정한 속력으로 감아 준다. 만약 아래로 내려가는 버튼을 누르면 전동기가 반대 방향으로 회전하여 강철 로프가 일정한 속력으로 풀리게 된다. 이와 같이 전동기의 회전 방향에 따라 엘리베이터는 올라가기도 하고 내려가기도 한다.



## 이런 실험도 가능해요! 종이컵으로 만드는 스피커

**| 과정 |**

(1) 에나멜선으로 코일을 만들고 종이컵 바닥에 붙인다.



(2) 네오디뮴 자석을 다른 종이컵 바닥에 붙인다.



(3) 코일 속에 자석이 위치하도록 두 종이컵의 바닥면을 맞붙인다.



(4) 종이컵 코일의 양끝을 앰프의 출력 단자에 연결하고 재생기의 볼륨을 높여 본다.



Ⓐ 앰프에 종이컵 스피커 연결하기

※앰프에 연결하지 않으면 소리가 작게 들리므로 앰프를 이용하는 것이 좋다. 앰프에 연결할 때는 너무 오래 동안 연결하지 않도록 한다. 에나멜선의 저항이 크지 않아 앰프에 무리를 줄 수 있기 때문이다.

보충·심화

### 스피커의 원리




북을 치거나 피아노를 두드리는 소리를 들을 수 있는 것은 북과 피아노의 진동이 공기를 통해 전달되기 때문이다. 스피커에서 소리가 발생하는 것도 스피커 속의 막이 진동하기 때문이다.

그러면 이러한 진동을 발생시키는 것은 무엇일까? 귓속에 쏙 들어가는 작은 이어폰에서부터 극장이나 공연장의 큰 스피커에 이르기까지 진동을 발생시킬 때에는 대부분 자기력을 이용한다.

이어폰의 내부를 보면 얇은 막에 코일이 붙어 있고, 그 속에 영구 자석이 있는 것을 볼 수 있다. 코일에 전류가 흐르면 자석 앞에 놓인 코일이 자기력을 받아 움직이는데, 이때 얇은 막도 함께 움직인다.

코일에 흐르는 전류의 세기가 변하면 자기력의 크기도 함께 변한다. 또 전류의 방향이 반대가 되면 코일이 받는 자기력의 방향도 반대가 된다.

즉, 코일이 받는 자기력의 크기와 방향이 달라지면서 얇은 막이 진동한다. 이 진동이 공기를 통해 전파되는 소리가 되어 우리에게 들리는 것이다.

Ⓐ 이어폰의 내부



**나만의 이어폰 만들기**

❶ 에나멜선을 감아 코일을 만든 후, 그 끝을 사포로 문질러 벗겨 낸다.
❷ 과정 ❶의 코일을 테이프로 두꺼운 종이에 고정한다.
❸ 플라스틱 병뚜껑 안쪽에 작은 네오디뮴 자석을 붙인다.
❹ 과정 ❷의 종이를 병뚜껑에 덮고, 코일의 양 끝을 이어폰 잭과 연결한다.
❺ 이제 MP3 플레이어에 이어폰 잭을 꽂아 소리를 들어 보자.



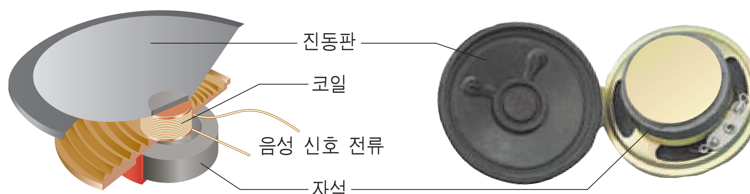
54 Ⅰ. 전기와 자기

### 과학 돋보기

❀ **스피커의 원리**

(1) **스피커의 주요 요소(자석과 코일)**

우리가 생활 속에서 사용하고 있는 스피커는 진동판, 코일, 자석으로 이루어져 있다.



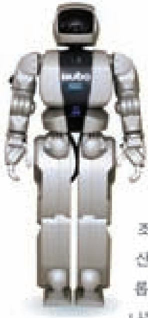

Ⓐ 스피커의 내부 구조

(2) **스피커에서 소리가 나는 원리**

자석 주위에 놓인 코일에 전기 신호를 보내 전류를 흐르게 하면 코일이 자기력을 받는다. 이때 전류의 방향이 주기적으로 바뀌는 전기 신호를 코일에 보내면 코일이 받는 힘도 주기적으로 바뀌어 진동하게 된다. 이 진동이 진동판을 진동시켜 소리를 만든다.

STEAM 융합

## 로봇의 이용

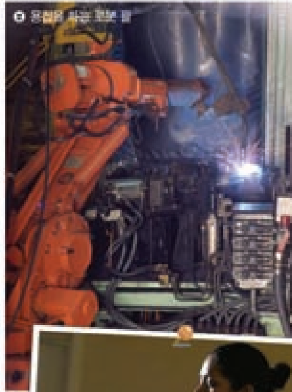


로봇 하면 인간과 비슷한 생김새의 휴머노이드 로봇이 먼저 생각나지만 서비스 로봇, 의료 복지 로봇, 공장에서 쓰이는 산업용 로봇 등 로봇 분야는 점점 다양해져 가고 있다.

그중에서 로봇 팔은 오래 전부터 산업 현장에서 사용되고 있다. 무거운 부품 옮기기, 용접, 페인트칠, 부품 조립 등의 단순 반복적인 일을 산업용 로봇 팔이 대신한다. 산업용 로봇 팔은 사람의 어깨와 팔처럼 여러 방향으로 자유롭게 움직이는데, 이때 팔을 움직이는 힘은 주로 전동기에서 나온다. 로봇 팔은 정확한 위치에서 정밀하게 작업하므로 제품의 품질을 높여 준다.

한편, 영화에서처럼 사람의 뇌로부터 명령을 받아 움직이는 인공 팔이 개발되기도 하였다. 또 수술에 이용되는 로봇도 있는데, 미세한 신경 조직 하나하나를 다루는 수술에서 정확하고 실수 없이 수술할 수 있고, 의사가 멀리 떨어진 곳에 있는 환자를 수술하는 것이 가능한 장점이 있다.

이렇게 다양한 분야에서 이용되는 로봇은 과학 기술의 결정체이다. 그래서 로봇을 만들 꿈을 가지고 있다면 어느 분야든 관심과 열정을 가지고 늘 '왜?' 라는 질문을 던져야 한다. 그리고 '왜?' 를 해결하기 위해 끊임없이 책을 펼쳐 보고 관찰하고 탐구하는 자세가 필요하다.



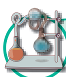
⊙ 용접용 산업 로봇 팔

⊙ 최초로 인공 팔을 가진 여성

⊙ 로봇 수술 장비를 이용해 수술하는 모습_ 의사가 원격으로 로봇 수술 장비를 조종하고 있다.







학습 자료실

❀ **초고속 전동기의 이용(롤러코스터)**

미국의 뉴저지 주에는 '킹다 카' 라는 롤러코스터가 있다. 이 롤러코스터는 최고 139 m까지 올라간다. 일반적으로 롤러코스터를 높은 곳까지 올리기 위해서는 열차에 엔진을 부착한다. 하지만 킹다 카와 같이 높이 올라가는 롤러코스터의 엔진 출력은 매우 커져야 하고, 엔진 출력이 큰 엔진은 매우 무겁다는 단점이 있다. 따라서 킹다 카를 레일의 꼭대기까지 올리는 데에는 초고속 전동기가 이용된다. 이 초고속 전동기는 롤러코스터의 내부에 장치되지 않고 지상에 설치되어 롤러코스터를 밀어 올리는 역할을 한다. 매우 빠르게 회전하는 전동기에 의해 롤러코스터는 3.5초 만에 시속 206 km에 이르게 가속된다. 이러한 방식으로 꼭대기에 오른 뒤에는 레일을 따라 무동력으로 하강하게 된다.



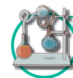
⊙ 롤러코스터(킹다 카)

융합 STEAM

❀ **생체 모방형 로봇**

로봇 설계자들은 특정 환경에서 무리 없이 작동하는 로봇을 만들기 위하여 실제 움직이는 동물의 운동을 참조하기도 한다. 실제로 이러한 생태학은 로봇 공학에 매우 중요한 아이디어들을 제공해 주고 있다. 이처럼 동물로부터 구조나 운동, 인지 방법을 빌려 만든 로봇을 생체 모방형 로봇이라고 한다.

생체 모방형 로봇의 대표적인 예로는 일본 도호쿠 대학에서 개발된 스코프(Scope)가 있다. 스코프는 뱀 모양의 탐사 로봇으로, 지진이나 건물 붕괴 등의 재난 시에 숨겨진 생존자를 찾아내기 위해 사용된다.



학습 자료실

❀ **인사하는 기린 로봇**

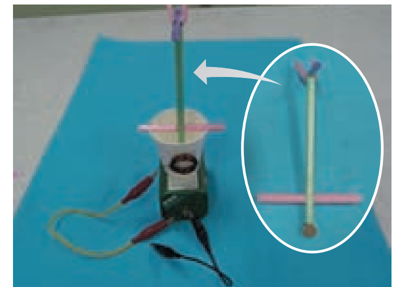
(1) 과정

① 에나멜선으로 코일을 만들어 종이컵에 붙인다.

② 수수깡으로 기린 목 모양을 만든 다음 아래쪽에 자석을 붙인다.

③ 그림과 같이 종이컵에 홈을 판 다음 자석이 코일과 마주 보게 하여 기린 목 모양을 종이컵에 걸친다.

④ 집게 달린 도선을 이용하여 건전지와 코일을 연결했다 떼었다를 반복한다.



⊙ 인사하는 기린 로봇

(2) 결과

에나멜선에 전류가 흐르면 에나멜선에 자기장이 생기므로 기린에 부착된 자석과 인력 또는 척력이 생겨 기린이 인사를 하는 것처럼 보인다.

# 2-3 유도 전류

## | 학습 내용 안내 |

(1) 자석과 코일을 이용하여 전류가 발생하는 현상을 설명한다.

(2) 발전기와 전동기의 원리를 비교하여 설명한다.

## | 학습 전개 |

전자기 유도와 유도 전류의 뜻을 이해하게 한다.

↓

전자기 유도 현상을 간단한 실험으로 확인하고 원리를 이해하게 한다.

↓

전동기와 발전기에 대한 탐구 활동을 통해 각각의 원리를 이해하게 한다.

↓

유도 전류를 이용하는 예를 찾아보게 한다.

## | 지도상의 유의점 |

(1) 전기를 발생시키는 여러 가지 방법을 정리하고 전자기 유도에 의한 발전 방법을 설명한다.

(2) 전자기 유도에 의한 발전 현상을 직접 확인하게 하는 것이 중요하다.

(3) 수력 · 화력 · 풍력 · 조력 · 원자력 발전 등 대부분의 발전 방법은 전자기 유도에 의한 방법임을 알게 한다.

(4) 발전기와 전동기는 전기와 자기의 상호 작용에 의하여 일어나는 현상임을 알게 한다.

**찾아보기**

- 교수 학습 개발 센터 http://classroom.re.kr/
- 물리 법칙으로 이루어진 세상, 정갑수, 양문

I. 전기와 자기

# 2-3 유도 전류


학습 목표

- 자석을 이용하여 전류가 발생하는 현상을 설명할 수 있다.

기후 놀이터에서는 햇빛, 바람 또는 사람의 운동으로 전기 에너지를 생산하는 경험을 할 수 있다.

특히 허리 돌리기, 줄 당기기, 자전거 등의 운동 기구로 가벼운 운동을 하면서 휴대 전화기를 충전할 수도 있다.

이러한 운동 기구들이 전기를 만드는 원리는 무엇일까?



⊙ 풍력 발전 바람개비_ 바람에 의해 돌아가는 바람개비의 에너지를 전기 에너지로 저장하여 공원 등에서 밤에 불을 밝히는 에너지로 활용한다.

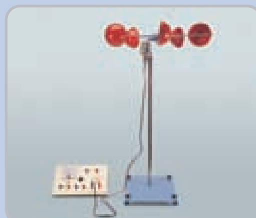
⊙ 자가 발전 운동 기구_ 운동을 하면서 전기를 만들 수 있다.

56 I. 전기와 자기

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 전자기 유도의 원리를 눈으로 확인할 수 있는 장소를 견학하면 학습에 도움이 된다. 예를 들어 서울, 강원, 전남 등에 있는 기후 놀이터에 가면 자전거를 타거나 시소 놀이를 하면서 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정을 체험해 볼 수 있다. 이렇게 해서 만들어진 전기 에너지는 휴대 전화를 충전하거나 놀이터 설비를 가동하는 데에 이용된다.

2 전자기 유도를 이용한 실험 기구를 나누어 주고 직접 작동해 보게 하는 것도 원리 학습에 도움이 된다. 아래 그림에서 왼쪽은 바람이 불어 날개가 돌아가면 LCD가 발광되는 간이 풍력 발전기이고, 오른쪽은 손으로 손잡이를 돌리면 전력이 생산되는 간이 수동 발전기이다. 간이 수동 발전기를 이용하면 휴대 전화를 충전할 수도 있다.





⊙ 간이 풍력 발전기(왼쪽)와 간이 수동 발전기(오른쪽)

### 전자기 유도

기후 놀이터의 운동 기구들이 전기를 만드는 원리는 자기장의 변화와 관련이 있다.

아래 그림과 같이 장치한 후에 코일을 고정하고 자석을 움직이거나, 자석을 고정하고 코일을 움직이면 전류가 발생한다.

이와 같이 코일 내부의 자기장이 변하면 코일에 전류가 흐르게 되는데 이러한 현상을 **전자기 유도**라고 한다. 이때 코일에 흐르는 전류를 **유도 전류**라고 한다.

기후 놀이터에 있는 운동 기구들은 사람이 운동 기구를 움직이면 운동 기구 안에 있는 코일에 유도 전류가 발생하는 원리를 이용하여 전기 에너지를 만드는 것이다.



⊙ 그림 Ⅰ-52 **유도 전류의 발생**_ 코일에 자석을 가까이 하거나 코일에서 자석을 멀리 하면 코일에 유도 전류가 발생한다.

**과학 자료실** 패러데이(Faraday, M. : 1791~1867)

패러데이는 가난한 대장장이의 아들로 태어났다. 가난한 집안에서 태어나 교육을 받지 못한 패러데이가 선택할 수 있었던 최선의 직업은 제본소 수습공이었다. 겨우 읽고 쓰는 교육만을 받은 그의 취미는 일이 끝난 매일 밤 제본소 고객이 아직 찾아가지 않은 책을 숨죽이며 읽는 일이었다.

그러던 중 그에게 찾아온 꿈 같은 기회는 바로 과학자의 조수 자리였다. 패러데이는 어려운 과학 이론을 몰라서 같은 실험을 반복 또 반복하던 도중 자기장의 변화가 도선에 전류를 발생시킨다는 사실을 알아내었다. 이후 영국에서는 이 원리를 이용하여 세계 최초로 발전기를 제작하였다.



**참고 자료** 유도 전류의 발생 실험

코일과 막대 자석, 검류계, 집게 달린 도선을 이용하면 유도 전류가 발생되는 모습을 직접 관찰할 수 있다. 이때 자석의 세기, 코일의 감은 수가 다른 것을 준비하여 유도 전류의 세기를 비교할 수도 있다. 코일과 검류계를 집게 달린 도선으로 연결하고 코일 가까이에서 막대 자석을 움직이는 활동을 한 후 다음과 같은 물음을 통해 결과를 기록하는 것도 좋은 방법이다.

1 자석을 코일 속으로 가까이 할 때 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?
2 자석을 코일 밖으로 멀리 할 때 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?
3 자석의 극을 바꾸어 실험하면 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?
4 자석을 정지시키고 코일을 움직이면 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?
5 자석의 세기를 크게 하면 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?
6 코일을 더 많이 감았을 때 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?
7 자석을 코일 속에 가만히 놓아 두면 검류계의 바늘은 어떻게 움직이는가?

## 관련 지식

### 전기를 발생시키는 여러 가지 방법

(1) **마찰 전기** 서로 다른 두 물체를 마찰시키면 전기가 발생한다. 물질을 이루는 원자는 (+)전하를 띤 원자핵과 (−)전하를 띤 전자로 되어 있다. 보통 때는 전기적으로 중성인 물체도 서로 마찰시키면 한쪽 물질의 전자가 다른 물질로 이동하면서 두 물질은 각각 (+)전하 또는 (−)전하를 띠게 된다. 예를 들어 두 물체를 마찰시켰을 때 전자를 잃은 물질은 (+)전하를, 반대로 전자를 얻은 물질은 (−)전하를 띠게 된다.

마찰 전기는 흐르지 않고 물체에 머물러 있기 때문에 정전기라고도 한다.

(2) **화학 전지** 물질의 화학 반응에 의해 방출되는 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하는 방법이다. 화학 전지에는 건전지, 이차 전지, 볼타 전지 등이 있고 일반적으로 휴대용 전자 제품에 많이 사용된다.

(3) **전자기 유도** 코일과 자석의 상대적인 운동으로 전기를 발생시키는 방법이다. 전자기 유도에 의한 유도 전류는 인류가 사용하는 전체 전력량의 대부분을 차지한다. 코일이나 자석을 운동시키는 방법에 따라 수력 · 화력 · 원자력 · 풍력 · 조력 발전 등으로 나누어 진다.

(4) **반도체** 열을 가하면 전기가 발생하는 열전 반도체, 빛을 받으면 전기가 발생하는 광전 반도체, 압력을 가하면 전기가 발생하는 압전 반도체 등이 있다. 이 중 광전 반도체는 대량 전력 생산의 새로운 방법으로 각광 받고 있으며, 압전 반도체는 자동화 기기나 측정 기기 등에 많이 사용되고 있다.

(5) **생물의 발전** 전기 가오리나 전기 뱀장어는 화학적 에너지를 전기 에너지로 전환하는 능력이 있다. 이러한 방법으로는 오랜 시간 전기를 만들기는 어렵지만 순간적으로 높은 전압의 전기를 만들 수 있다고 한다.

**잠깐 체크**

유도 전류가 흐른다.

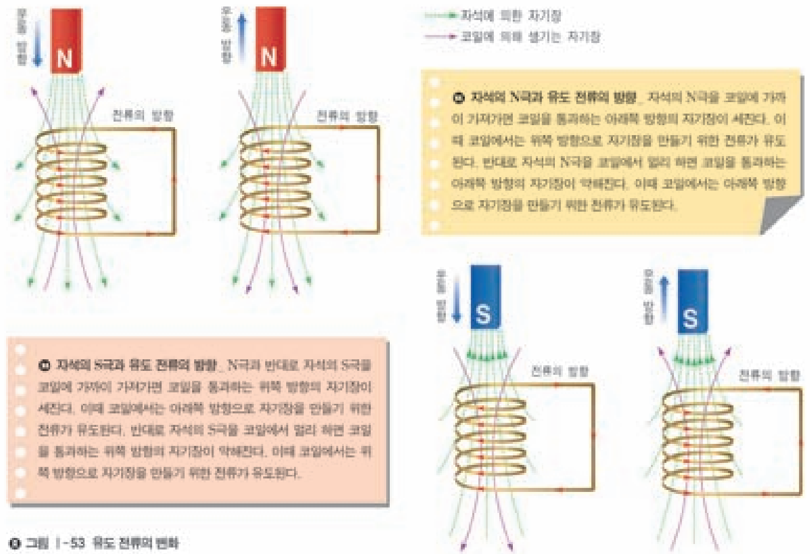
그렇다면 유도 전류의 방향과 세기는 어떻게 달라질까?

코일에 자석을 가까이 하면 코일 속을 통과하는 자기장의 세기가 세지므로 코일에서는 이것을 방해하는 새로운 자기장이 생기게 하는 방향으로 전류가 흐른다. 한편, 코일에서 자석을 멀리 하면 코일 속을 통과하는 자기장의 세기가 약해지므로 코일에서는 이것을 방해하는 새로운 자기장이 생기게 하는 방향으로 전류가 흐른다. 즉, 코일 속을 통과하는 자기장의 세기가 변할 때 그 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다.

이때 자석의 세기가 강할수록, 자석이 더 빠르게 움직일수록, 코일의 감은 횟수가 많을수록 코일에 발생하는 유도 전류도 세진다.

유도 전류를 이용하면 일상생활에서 쓸 수 있는 전기를 생산할 수도 있다. 전기를 생산하는 발전기는 전동기와 비슷한 구조로 되어 있는데 전동기와 발전기의 원리를 비교해 보자.

잠깐 체크 금속 주위에서 자기장이 변하면 금속 내부에는 어떤 일이 생길까?




❸ 그림 Ⅰ-53 유도 전류의 변화

58 Ⅰ. 전기와 자기

**심화 학습** **유도 전류의 방향과 크기**

(1) **유도 전류의 방향(렌츠의 법칙)**

유도 전류의 방향은 자기장의 변화를 방해하는 방향이다.

(2) **유도 전류의 크기(패러데이의 법칙)**

유도 기전력을 $E$, 코일의 감은 수를 $n$, $\Delta t$의 시간 동안 코일을 지나는 자기력선속의 변화를 $\Delta\Phi$라고 하면 유도 기전력은 다음과 같다.

$$\therefore E = -n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t},\ (\Phi = BS)$$

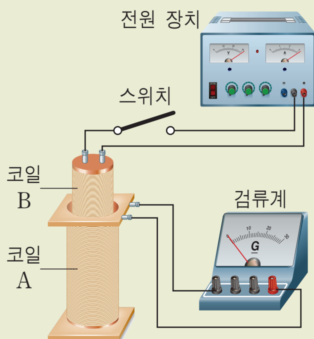
* **(−)부호**: 유도 기전력의 방향이 자속의 변화를 방해하는 방향이란 뜻이다.

**보충 학습** **전자기 유도**

(1) 그림과 같이 장치하고 코일 B를 코일 A 속에 넣고 스위치를 열었다 닫았다 해 보면 검류계의 바늘이 움직인다.

(2) 스위치를 닫은 채 코일 B를 코일 A 속에서 위아래로 이동시켜도 검류계의 바늘이 움직인다.

(3) 전원 장치가 연결되어 있지 않은 코일 A에 전류가 유도된 이유는 전자기 유도에 의해 유도 전류가 발생하였기 때문이다.

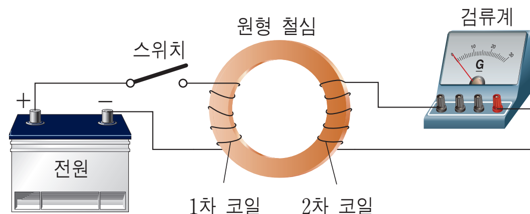



❷ 두 개의 코일과 전자기 유도

**| 관련 지식 |**

**❀ 패러데이의 유도 전류에 대한 최초 실험**

패러데이는 두 개의 코일을 그림과 같이 장치하여 유도 전류를 발생시켰다. 즉, 1차 코일에는 전원 장치에서 전류를 흐르게 하고 2차 코일에 유도 전류를 발생시키는 것이다. 스위치를 닫아서 1차 코일에 전류를 흐르게 하는 순간, 2차 코일에 연결된 검류계의 바늘이 크게 한 번 움직이는 것이 관찰되었고, 스위치를 열어서 1차 코일에 흐르던 전류를 차단하는 순간에도 검류계 바늘이 크게 한 번 움직이는 것이 관찰되었다. 그러나 스위치를 닫아서 1차 코일에 일정한 세기의 전류가 흐르는 동안에는 검류계 바늘이 0을 가리켰다. 패러데이는 이 실험을 통해, 1차 코일에 흐르는 전류의 세기나 방향이 변할 때에만 2차 코일에 유도 전류가 형성된다는 사실을 알아내었다.




❷ 패러데이의 유도 전류 발생 장치

## 탐구 활동 전동기와 발전기의 원리

실험(동영상)

**목표**
직류 전동기를 이용하여 발전기와 전동기의 원리를 설명할 수 있다.

**준비물**
손 발전기, 집게 달린 전선, 전원 장치, 전구

**유의점**
전원 장치를 사용할 때에는 처음에 전압을 0으로 한 다음 천천히 전압을 높인다.

**실험 A**
손 발전기를 전원 장치에 연결하고 전원을 켠다.



**실험 B**
손 발전기를 전구에 연결하고 손 발전기를 돌린다.



**실험 C**
손 발전기 두 대를 서로 연결하여 하나의 손 발전기만 돌린다.



**결과**

1 실험 A에서 전원을 켜면 손 발전기는 어떻게 되는가?

2 실험 B에서 전구에는 불이 들어오는가?

3 실험 C에서 손 발전기를 돌리면 다른 손 발전기에 어떤 변화가 생기는가?

**해석** 창의 · 인성

1 실험 B와 실험 C의 결과를 바탕으로 왜 이런 현상이 일어났는지 친구들과 토의해 보자.

2 손 발전기는 어떤 원리로 전류를 발생시키는지 설명해 보자.

2. 자기 59



### ❀ 유도 전류의 이용

놀이공원의 롤러코스터는 매우 빠른 속력으로 달리다가 타는 곳에 와서는 부드럽게 멈춘다. 또한 자이로드롭은 수직으로 낙하하다가 지면에 가까이 와서 부드럽게 멈춘다. 만일 이들을 자동차와 같은 방식으로 제동한다면, 엄청난 마찰에 의해 열과 소음이 발생하고 관련 부품도 금방 마모될 것이다. 하지만 실제로는 매우 부드럽게 정지한다.

롤러코스터나 자이로드롭의 제동 장치에는 유도 전류를 이용한 자기 브레이크가 사용된다. 롤러코스터의 금속 부분이 강한 자석 내부로 들어가면 금속에는 자기장의 변화를 없애려는 방향으로 유도 전류가 생긴다. 이 유도 전류를 맴돌이 전류라고 한다. 이 맴돌이 전류에 의한 자기장의 방향은 자기 브레이크의 자석에 들어올 때는 척력 방향이었다가 자기 브레이크를 벗어나는 때는 인력이 작용하는 방향으로 변한다. 따라서 몇 개의 자석을 거치는 동안 롤러코스터의 속력은 빠르게 줄어든다.

자이로드롭도 근본 원리는 롤러코스터와 같다.

## 탐구 활동

실험(동영상)

### | 목표 |

직류 전동기를 이용하여 발전기와 전동기의 원리를 설명할 수 있다.

### | 결과 |

1 실험 A에서 손 발전기를 전원에 연결하면 손 발전기의 손잡이가 돌아간다.

2 실험 B에서 전구와 손 발전기를 연결하고 손잡이를 돌리면 전구에 불이 켜진다.

3 실험 C에서 두 대의 손 발전기를 연결하고 한쪽 손 발전기의 손잡이를 돌리면 다른 쪽 손 발전기의 손잡이가 돌아간다.

### | 해석 | 창의 · 인성

1 실험 B에서는 손 발전기가 전기를 생산하였고, 실험 C에서는 손 발전기에 자기력이 생겼다. 따라서 손 발전기는 발전기와 전동기의 기능을 모두 가지고 있음을 알 수 있다. 손 발전기 내부에는 코일과 자석이 들어 있는데, 이처럼 코일과 자석을 이용하면 전동기나 발전기를 만들 수 있다.

2 전자기 유도란 자석과 코일의 상대적인 운동이 있을 때 코일에 전류가 유도되는 현상이다. 손 발전기의 손잡이를 돌리면 영구 자석 주변의 코일이 돌아가면서 코일에 전류가 유도된다. 이 과정에서는 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다. 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘을 자기력이라고 한다. 손 발전기에 전원을 공급해 주면 영구 자석 주변의 코일이 힘을 받아 회전하게 된다. 이 과정에서는 전기 에너지가 운동 에너지로 전환된다.

※이해하기 힘든 유도 전류의 원리를 간단한 실험을 통해 학습하게 함으로써 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.

**잠깐 체크**

발전기에서는 코일이 감긴 터빈이 자기장 속에서 회전하면서 코일에 유도 전류가 발생한다. 따라서 코일의 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 풍력 발전

공해가 없고 고갈의 염려가 없는 신 · 재생 에너지 중에서 풍력 발전의 미래는 밝다. 바람의 세기가 초당 4 m 이상이면 풍력 발전기를 세울 수 있다.

풍력 발전량은 날개 길이의 제곱에 비례하고, 풍속의 세제곱에 비례하기 때문에 날개가 크고 바람이 강할수록 전기 생산에 유리하다. 풍력 발전은 현재 유럽이 주도하고 있는데, 500만 명 이상의 유럽 인들이 풍력 발전으로 얻은 전기를 사용하고 있다.

우리나라의 강원도 태백시 귀네미골에 위치한 18 MW 규모의 풍력 발전소가 최근 상업 운전을 개시하였다.

해발 1,000 m 고지대에 위치한 풍력 발전소의 준공으로 연간 4만 4,623 MWh의 청정 에너지 생산이 가능해졌다. 이를 통해 연간 약 27,000톤의 온실기체 감축 효과가 있으며, 인근 약 1만 6,500여 가구(연간)에 전기를 공급할 수 있다.

한국 남부 발전은 태백 이외에 2012년 창죽(16 MW), 2013년 평창(26 MW), 무주(24 MW), 정선(40 MW), 2014년 김천(20 MW), 봉화(40MW), 삼척(40 MW) 등에 풍력 단지를 건설할 예정이다. 또 제주에 200 MW급의 대용량 해상 풍력 단지 건설도 추진하고 있다.



▲ 풍력 발전기

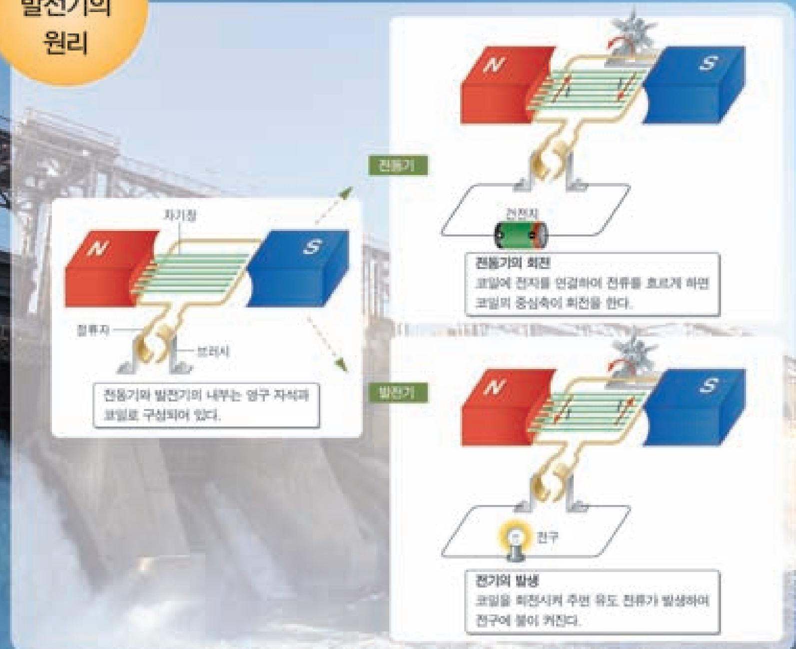
인터넷 과학 세상
한국 전력 공사
http://www.kepco.co.kr

전동기가 자기력에 의해 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키는 장치라면, 발전기는 전자기 유도에 의해 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다. 발전기에서는 회전축을 돌리면 코일에 유도 전류가 발생하고, 전동기에서는 코일에 전류를 흐르게 하면 회전축이 돌아간다. 따라서 전동기와 발전기의 기본 구조는 같다.

또한 수력 발전, 화력 발전, 풍력 발전 등과 같이 역학적 에너지를 이용한 발전들은 각각 회전축이 돌아가는 방식이 달라도 발전기에서 전기를 생산하는 방식은 모두 같다.


발전기에서 에너지 전환은 어떻게 일어나는가?

**전동기와 발전기의 원리**




60 I. 전기와 자기

**과학 돋보기**

### ❀ 초소형 전동기(micromotor)

국립 과천 과학관 2층의 첨단 기술관에 가면 크기 5 mm의 초소형 전동기를 30배 확대한 모형이 전시되어 있다. 초소형 전동기는 크기가 수 mm 이하이거나 출력이 3 W 이하인 전동기로서, 보통 로봇이나 미세 장치를 움직이는 데에 사용된다.

최근에는 각종 기기의 소형화 추세에 따라 카메라, 휴대 전화 등의 전자 제품에 부품으로 많이 쓰이고, 치과 수술 기구 등의 의료 장비 분야에도 초소형 전동기의 수요가 꾸준히 늘고 있다.

초소형 전동기 제품 개발의 선두 주자는 독일과 스위스이지만 연간 생산량이 가장 많은 나라는 일본이다. 우리나라도 미래 성장 산업인 초소형 전동기 산업을 견인하는 강자가 되기 위해 최근 들어 연구 개발에 박차를 가하고 있다.




▲ 초소형 전동기

### 유도 전류의 이용

마이크는 진동판과 코일 및 영구 자석으로 이루어져 있다. 마이크 가까이에서 소리를 내면 소리가 공기를 진동시키고 이 진동은 진동판에 부착된 코일을 진동시킨다. 이때 코일은 자석 가까이에서 진동하기 때문에 코일을 지나는 자기장이 변하여 코일에 유도 전류가 생긴다. 이에 따라 소리는 전기 신호로 바뀐다.

한편, 전기 신호를 스피커로 출력하면 소리를 들을 수 있다. 스피커는 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘을 이용한 장치이다.

마이크와 스피커의 기본 구조는 같지만 마이크는 소리 신호를 전기 신호로 바꾸어 주고 스피커는 전기 신호를 소리 신호로 바꾸어 준다는 차이점이 있다.




❶ 그림 Ⅰ-54 유도 전류를 이용한 마이크_ 마이크는 소리의 진동이 코일을 움직여 유도 전류에 의한 전기 신호를 발생시키는 장치이다.



❷ 그림 Ⅰ-55 유도 전류를 이용하는 교통 카드_ 판독기에 의해 교통 카드의 코일에 유도 전류가 발생하여 IC 회로에 전류를 흐르게 한다.

교통 카드의 판독기에는 교류 전류가 흐르는 코일이 있어서 항상 자기장이 변한다. 그림과 같이 교통 카드 안에도 코일이 있기 때문에 교통 카드를 판독기에 접근시키면 교통 카드의 코일을 통과하는 자기장이 변화하면서 유도 전류가 발생한다. 이 유도 전류에 의해 교통 카드 안의 IC 회로에 전류가 흐르면 교통 카드의 정보를 읽을 수 있다.

이 밖에 금속 탐지기나 대형 마트의 도난 방지 장치, 공항 검색대 등도 유도 전류를 이용하여 작동된다.

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 유도 전류는 어느 경우에 발생하는가? | 유도 전류를 이용한 조리 기구의 원리를 알아보자. | 여러 가지 발전소의 발전 방식을 조사해 보자. |



## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

유도 전류는 도체 주위의 자기장이 변할 때 발생한다. 예를 들어, 자석이 정지해 있는 상태에서 코일을 움직이거나, 코일이 정지해 있는 상태에서 자석을 움직이면 코일에 전류가 유도되어 흐른다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

유도 전류를 이용한 조리 기구인 유도 조리 장치에는 자기장을 변하게 만드는 코일이 들어 있다. 이 위에 금속으로 만든 냄비를 올려놓으면 냄비 바닥에 유도 전류가 흐르고 냄비의 저항 때문에 열이 발생한다.

▶ **과학과 기술 연관 짓기**

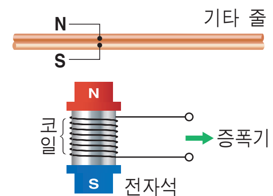
대부분의 발전소는 유도 전류를 이용하는 발전 방식을 이용한다. 이러한 유도 전류를 만들기 위해 수력 발전은 물의 위치 에너지를 이용하고, 화력 발전은 화석 연료의 화학 에너지를 이용하며, 원자력 발전은 우라늄의 핵에너지를 이용한다. 이외에 태양광 발전은 빛에너지를 전기 에너지로 직접 전환하는 방식을 이용한다.

## ✚참고 자료 유도 전류 응용 제품

(1) **금속 탐지기** 금속 탐지기는 자기장의 변화를 감지해 주변에 금속이 있는지를 알아내는 장치이다. 교류 전류가 흐르는 코일 주변의 자기장은 계속 변하게 된다. 이렇게 변하는 자기장 속에 어떤 금속 조각이 들어오면 전자기 유도 현상에 의해 금속 내부에 유도 전류가 발생하고, 이를 통해 주변에 금속이 있다는 사실을 확인할 수 있다.

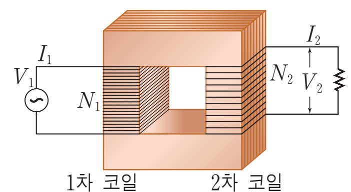
(2) **자기 테이프** 자기 테이프는 플라스틱 필름 한 면에 산화 철 현탁액을 발라 놓은 것이다. 산화 철과 산화크롬, 철 또는 코발트 분말을 사용하여 오디오 카세트용 자기 테이프를 만든다. 자기 테이프는 순차적 접근 방식이라서 처리 속도가 느리지만 기억 용량이 커서 최근에는 자료 백업용으로 많이 쓰인다.

(3) **전자 기타** 기타 줄을 움직이면 자기장이 변하여 전류가 흐르게 된다. 즉, 기타 줄의 움직임에 따라 유도 전류의 세기가 달라지므로 이 전류를 증폭하여 소리를 만든다.




❷ 전자 기타

(4) **변압기** 1차 코일 쪽에 교류 전류를 흘려주면 2차 코일에 전류가 유도된다.




❸ 변압기 모식도



## 역사 속의 과학



**❀ 테슬라(Tesla, N. ; 1856∼1943)**

맥스웰이 전기와 자기의 개념을 정리한 이후 전자기학에 의한 전기 문명은 비약적으로 발전하였다. 이러한 전기를 우리의 일상생활까지 적용시키는 데 가장 큰 역할을 한 사람은 테슬라이다.

테슬라는 1856년 크로아티아에서 태어나 미국으로 이민 와서 수많은 발명으로 현대 전기 문명에 큰 업적을 남겼다. 리모컨, 교류 전기, 모터, 형광등, 네온 사인, 레이더 등은 모두 그가 고안했거나 그가 고안한 기술을 기반으로 한 것이다. 테슬라는 에디슨의 직류 시스템이 지닌 문제점을 해결하여 새로운 교류 시스템을 개발하였다. 그러나 에디슨은 전기를 저가로 공급할 수 있는 방법을 찾으면 거액을 주겠다고 한 테슬라와의 약속을 지키지 않았다고 한다. 그래서 테슬라는 에디슨을 떠났다. 그 후에 테슬라의 교류 시스템이 우수하다는 사실을 간파한 웨스팅하우스 전기 회사가 테슬라의 특허를 사들였으며, 테슬라는 웨스팅하우스의 도움으로 교류 발전기와 송배전 시스템을 발명하였다. 이 발명은 1895년 웨스팅하우스 사가 나이아가라 폭포에 교류 발전기를 사용한 수력 발전소를 만들면서 빛을 보게 되었다. 교류 시스템의 상용화가 테슬라 한 사람만의 업적은 아니지만, 나이아가라 폭포 발전소의 교류 발전기에 필요한 13건의 특허 중 9개가 테슬라의 것이라는 사실만 봐도 그의 공이 어느 정도인지 가늠케 한다. 다행히 그의 이름이 자기력선속의 밀도를 나타내는 단위로 사용되면서 많은 사람들의 기억 속에 남게 되었다.



⊙ 테슬라

보충·심화

### 전자기 발견의 역사

전자기 유도 현상이 발견되기 이전의 사람들은 마찰 전기나 전지를 이용하여 전기를 만들었다. 하지만 이 방법으로는 전기를 소량만 만들어 낼 수 있었기 때문에 우리 실생활에 이용되지는 못하였다.

패러데이가 유도 전류를 발견한 이후 인류는 전기를 대량으로 쉽게 만들 수 있었고 현재 전기는 우리 생활 깊숙이 큰 영향을 끼치고 있다.

탈레스(Thales : ?B.C. 640∼?B.C. 546)



고대 그리스의 탈레스는 호박을 양의 가죽으로 문질렀을 때 생기는 정전기 현상을 관찰하고 전기의 존재를 처음으로 발견하였다.

나침반





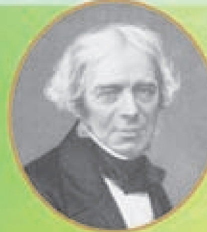
긴 막대 자석이 남과 북을 가리킨다는 사실은 기원전부터 알려져 있었고 중국에서는 이런 성질을 이용하여 오래전부터 나침반을 만들어 사용해 왔다. 중국으로부터 유럽에 전해진 나침반은 유럽의 대항해 시대를 여는 데 중요한 역할을 하였다.

맥스웰(Maxwell, J. C. : 1831∼1879)



맥스웰은 전기장이나 자기장에 에너지가 존재한다는 것을 밝혔고 그때까지 알려져 있던 전기와 자기의 개념을 정리하였다. 또한 빛도 전자기파라고 주장하였다.

패러데이(Faraday, M. : 1791∼1867)



패러데이는 전류를 일으키기 위해서는 도체 가까이에서 자석을 움직여야 한다고 했다. 그는 전기 및 자기적인 힘 사이에 직접적인 관련이 있다는 것을 처음으로 확인하였고, 에너지는 다른 형태의 에너지로 변환시킬 수 있다고 하였다.

앙페르(Ampère, A. M. : 1775∼1836)



앙페르는 전류가 흐르는 두 평행한 도선 사이에 작용하는 자기력을 측정하여, 도선 사이에는 서로 힘이 작용함을 알아내었다.

62 Ⅰ. 전기와 자기

## 과학 돋보기

**❀ 희토류 네오디뮴**

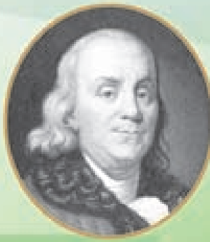
요즘에 소형 자석으로 각광받는 네오디뮴 자석은 네오디뮴-철-붕소로 이루어져 있는 현재 존재하는 자석 중에서 가장 강력한 영구 자석이다. 네오디뮴 자석은 페라이트 자석보다 가격이 비싸고 쉽게 녹이 슨다는 단점에도 불구하고 강력한 자기 특성 때문에 활용도가 높은 편이다.



⊙ 네오디뮴 자석

가장 중요한 성분인 네오디뮴은 원자 번호 60, 녹는점이 1,024℃인 희토류 원소로 1885년에 처음 발견되었다. 첨단 제품의 필수 소재인 희토류는 자성 재료, 연마제, 촉매, 합금, 형광 재료, 세라믹의 순서로 수요 비중을 차지한다.

네오디뮴은 은백색의 광택을 가지며 공기 중에서는 푸른 빛을 띤 회색이 된다. 네오디뮴의 원자 기호는 Nd로서 뜨거운 물과 반응하면 수소를 방출한다.



프랭클린은 1752년 연을 이용한 실험을 통하여 번개와 전기의 방전은 동일한 것이라는 가설을 증명하였다. 또한 양전기와 음전기를 구별하였고, 전하가 음전기에서 양전기로 이동한다고 밝혔다. 그는 피뢰침을 발명하기도 하였다.

**길버트**(Gilbert, W. : 1544~1603) **프랭클린**(Franklin, B. : 1706~1790)



전기(electricity)라는 말을 처음 사용하였다.

윌리엄 길버트는 둥근 자석을 이용한 실험을 통해 나침반 바늘의 수평 각도가 위도에 따라 달라지는 것을 설명하여, 지구가 하나의 거대한 자석임을 밝혔다.

**갈바니**(Galvani, L. A. : 1737~1798)

갈바니는 죽은 개구리 다리에 전기를 흘렸을 때 개구리 다리가 움직이는 것을 관찰하여 동물의 근육은 동물 전기(갈바니 전기)라고 부르는 생명의 기를 가지고 있다고 주장하였다.

**외르스테드**(Örsted, H. C. : 1777~1851) **볼타**(Volta, A. G. : 1745~1827)







볼타 전지는 화학적 방법으로 전기를 발생시키기 때문에 훨씬 안정적으로 많은 전기를 발생시킬 수 있었다. 그 때문에 볼타 전지는 여러 가지 실험 연구에 큰 도움을 주었다.

외르스테드는 도선을 자침과 평행하게 놓고 전류를 흐르게 하면 자침이 움직이고, 전류의 방향을 반대로 하면 반대로 움직이는 현상을 발견하였다.

2. 자기 63

### ❀ 에테르 논란

19세기의 과학자들은 빛을 파동이라고 보고 빛도 지진파의 땅이나 수면파의 물에 해당하는 매질이 있을 것이라고 생각하였다. 그리고 이 매질을 에테르라고 명명하였다. 속도를 논할 때에는 기준점이 있어야 하는데 광속의 기준점이 바로 에테르라고 생각한 것이다. 특히 뉴턴은 중력의 원거리 작용을 설명하기 위해 에테르라는 가상 물질을 그의 논문에 언급하였고, 영은 빛의 파동성을 증명하기 위해 에테르가 우주 전체에 퍼져 있고 밀도가 매우 희박하지만 탄성이 있다고 주장하였다.

1881년에 마이컬슨과 몰리는 에테르의 존재를 확인하기 위해 매우 정교한 실험 장치를 고안하였다. 이 실험 장치는 하나의 광원에서 출발하여 수직 방향의 거울까지 갔다가 반사된 빛과 수평 방향의 거울까지 갔다가 반사된 빛의 경로차를 측정하는 일종의 간섭계였다.

이 장치로 실험하기 전 마이컬슨과 몰리는 지구가 에테르 속에서 움직이는 중이고, 수직 방향으로 왕복 운동한 빛과 수평 방향으로 왕복 운동한 빛의 속도가 에테르 기준으로 동일할 수는 없으므로 반드시 두 빛의 경로 차가 생길 것이라 생각하였다. 하지만 실제 실험 결과 경로 차는 생기지 않았다. 이 실험 결과를 보고 아인슈타인은 "에테르는 우주 어디에도 존재하지 않으며, 빛의 속력은 관측자의 운동에 무관하다."라는 결론을 얻게 되었다고 한다.




## 역사 속의 과학



### ❀ 무선 전신의 아버지, 마르코니

마르코니는 1874년 이탈리아의 볼로냐에서 대지주의 아들로 태어났고, 훌륭한 과학자로 키워야겠다고 결심한 어머니의 권유에 따라 13세 때 레그혼 기술 학교에 입학하여 열심히 공부했다. 19세가 되었을 때 볼로냐 대학의 물리학 교수였던 리기에게서 개인 지도를 받았고, 맥스웰의 초기 수학적 연구, 전자기파를 전송시킨 하인리히 헤르츠의 실험, 번개와 전기에 대한 올리버 로지의 실험 등을 따라 해 보았다.

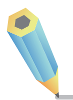
특히 에테르의 존재를 언급한 헤르츠의 논문은 마르코니의 마음을 사로잡았다. 에테르가 전파를 전달해 주는 매개체라면 세계 어느 곳에서도 같은 현상이 일어날 것이며 구태여 긴 전선을 사용하지 않더라도 먼 거리에서 서로 통신할 수 있을 것이라고 그는 생각했다.

1894년부터 마르코니는 볼로냐 근처의 가족 사유지에서 본격적인 연구와 실험을 시작하였다. 그는 96%의 니켈과 4%의 은가루를 진공 속에서 밀봉하여 이전보다 성능이 우수한 검파기를 만들었다. 더 나아가 그는 전파를 더욱 멀리 보내기 위하여 접지된 공중 도선을 설치하였다. 이러한 준비를 바탕으로 그는 전송 거리를 점차 확장하여 1895년 9월에는 언덕 넘어 잘 보이지 않는 2.4 km 떨어진 곳에 신호를 보내는 데 성공하였다. 그리고 1896년 6월에 22세의 젊은 나이로 무선 전신 기술에 대한 특허를 세계 최초로 받았다. 이듬해 런던에서 마르코니 무선 전신 회사를 창립하고 도버 해협에서 영국-프랑스 간의 통신을 실현시켰다.

이후로도 마르코니는 통신 거리의 연장, 혼신의 제거 등 무선 통신의 기술적 향상에 전력을 기울였고 큰 개가를 이루었다. 마르코니는 공학적인 발명으로 노벨 물리학상을 타기도 하였다.



▲ 마르코니



# 대단원 마무리

Ⅰ. 전기와 자기

## 개념 정리하기

대단원 마무리

Ⅰ. 전기와 자기

개념 정리하기

**정전기 유도**
전기를 띤 물체를 다른 물체에 가까이 가져가면 전기를 띤 물체와 가까운 쪽은 다른 종류의 전기를 띠고, 먼 쪽은 같은 종류의 전기를 띤다.

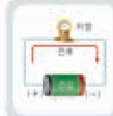


$V=IR$, $I=\frac{V}{R}$

**옴의 법칙**
전류의 세기는 전압에 비례하고, 저항에 반비례한다.

전기

**전류, 전압, 저항**
전류 : 전하의 흐름
전압 : 전류를 흐르게 하는 전기적인 압력
저항 : 전류의 흐름을 방해하는 정도





**전기 에너지**
전기 에너지는 전기가 일을 할 수 있는 능력으로서, 빛에너지와 열에너지 등 다양한 에너지로 전환되어 사용된다.

**전류에 의한 자기장**
전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 생긴다.



자기



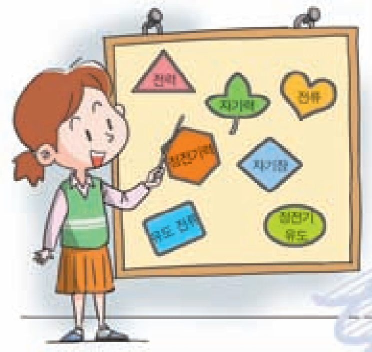
**자기장 내의 전류가 받는 힘**
지기장 내에서 전류가 흐르는 도선은 힘을 받는다. ➡ 전동기의 원리



**유도 전류**
코일 속을 지나는 지기장을 변화시키면 코일에는 유도 전류가 발생한다. ➡ 발전기의 원리

■ 다음 설명과 가장 관련이 있는 단어를 오른쪽 낱말 카드에서 찾아보자.

❶ 전하를 띤 막대를 금속에 가까이 가져가면 금속에 정전기를 띠게 할 수 있다.
❷ 정전기를 띤 물체 사이에서 밀거나 당기는 힘을 말한다.
❸ 전하의 흐름으로서, 전압이 크면 많이 흐르고 저항이 크면 적게 흐른다.
❹ 전기 기구가 1초 동안에 소비하는 전기 에너지이다.
❺ 전류가 흐르는 도선 주위에 생기며, 도선에서 멀어질수록 약해진다.
❻ 자기장 속에 있는 도선에 전류가 흐르면 도선은 힘을 받는다. 이 원리를 이용하여 여러 가지 전기 기구를 만들 수 있다.
❼ 코일 근처에서 자석을 움직이면 코일에 전류를 흐르게 할 수 있다. 이 원리를 이용하여 전기를 생산할 수 있다.




64 Ⅰ. 전기와 자기

### | 낱말 카드 찾기 정답 |

❶ 정전기 유도
[해설] 대전체를 금속에 가까이 하면 금속 내부의 전하 분포가 달라져서 금속은 부분적으로 전하를 띠게 된다.

❷ 정전기력
[해설] 마찰 전기를 정전기라고도 하며, 같은 종류의 전기를 띤 물체 사이에는 척력이 작용하고 다른 종류의 전기를 띤 물체 사이에는 인력이 작용한다.

❸ 전류
[해설] 전류의 세기는 전압의 크기가 비례하고 저항의 크기에 반비례한다.

❹ 전력
[해설] 전기 에너지의 단위로는 W(와트)가 사용된다.

❺ 자기장
[해설] 자기장은 영구 자석 주변뿐만 아니라 전류가 흐르는 도선 주변에도 형성된다.

❻ 자기력
[해설] 전동기는 자기력을 이용한 기구이다.

❼ 유도 전류
[해설] 발전기는 유도 전류를 이용한 기구이다.




### ❀ 맴돌이 전류

맴돌이 전류는 도체의 내부에서 만들어지는 전류로서, 도체 전체가 아닌 도체의 일부분에 소용돌이 모양으로 닫힌 통로를 흐르는 전류를 말한다.

도선을 지나는 자기력선속이 변하면 도선에는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 된다. 즉, 자석을 도체판 위에서 이동시키면 자기력선속이 변하면서 맴돌이 전류가 생기고, 맴돌이 전류의 자기장은 자석의 이동을 방해한다.

맴돌이 전류가 생기면 도체와 자석 사이의 상대적 운동이 방해받게 되는데, 이 성질을 제동 작용으로 이용할 수 있다.

### ❀ 맴돌이 전류 확인 실험

맴돌이 전류가 생기는 것은 다음과 같은 간단한 실험을 통하여 알 수 있다.

1 구리 파이프 또는 알루미늄 파이프와 자석을 준비한다.

2 동전, 플라스틱 통 등을 떨어뜨릴 때에는 그냥 떨어지다가 자석을 떨어뜨리면 알루미늄 파이프에 맴돌이 전류가 발생해서 자석이 천천히 떨어지게 된다.



### | 관련 지식 |

### ❀ 전자 기기의 혁명을 일으킨 집적 회로

스마트폰은 문서 작성과 저장, 인터넷 서핑 및 통신까지 컴퓨터가 가지고 있는 기능을 거의 모두 가지고 있다.

우리가 이렇게 한 손에 작은 컴퓨터를 들고 다닐 수 있게 된 것은 트랜지스터(Transistor)와 집적 회로(Integrated Circuit)의 발명 덕분이다.

반도체를 이용한 트랜지스터는 신호를 증폭하는 기기인 전구 모양의 진공관을 대체해 컴퓨터의 크기를 줄여 놓았다.

이어서 발명된 집적 회로는 트랜지스터를 연결하는 전선까지 없애면서 더 작은 소형 컴퓨터를 만들 수 있게 하였다.

## 개념 적용하기

**1** 그림과 같이 (−)로 대전된 막대를 금속 막대의 왼쪽 끝에 가까이 가져갔다.




금속 막대의 왼쪽, 오른쪽 부분에 유도되는 전기의 종류를 쓰시오.

**2** 금속판과 금속박이 모두 (−)로 대전된 검전기가 있다. 금속박을 더 벌어지게 하는 방법으로 옳은 것은?



① 금속판에 손을 접촉시킨다.
② (−)대전체를 금속판에 가까이 가져간다.
③ (+)대전체를 금속판에 가까이 가져간다.
④ (−)대전체를 금속박에 가까이 가져간다.
⑤ 전기를 띠지 않은 물체를 금속판에 접촉시킨다.

**3** 다음 회로 요소와 기호를 연결하시오.

ㄱ. 전지 • • a
ㄴ. 전구 • • b
ㄷ. 저항 • • c
ㄹ. 스위치 • • d
ㅁ. 전류계 • • e
ㅂ. 전압계 • • f

**4** 그림과 같이 전지, 스위치, 전구를 전선으로 연결하여 전구에 불을 켰을 때, 전자의 이동 방향과 전류의 방향을 쓰시오.



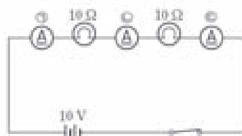

(1) 전자의 이동 방향: (　　　)
(2) 전류의 방향: (　　　)

**5** 철선과 니크롬선에 전류를 흐르게 하고 전압과 전류를 측정하였더니 그래프와 같았다.




철선과 니크롬선 중에서 저항이 더 큰 것은?

**6** 그림과 같이 저항이 10 Ω인 전구 두 개를 10 V의 전지에 연결한 후 전류계 A, B, C로 전류를 측정하였다.




각 전류계에 측정되는 전류의 세기를 쓰시오.
(1) ㉠: (　　　)A
(2) ㉡: (　　　)A
(3) ㉢: (　　　)A

대단원 마무리 65

## 과학 돋보기

### 복사기의 원리

생활 주변에서 흔히 볼 수 있는 복사기는 정전기력을 이용한 전기 기구이다. 복사기의 원리는 토너의 검은 탄소 가루가 정전기에 의해 쇠로 만든 원통(드럼)에 달라붙었다가 다시 정전기에 의해 종이 위에 달라붙게 하는 것이다.

복사기 유리 위에 원본 종이를 얹어 복사 버튼을 누르면 불빛이 지나가면서 종이에 그 빛이 닿았다가 드럼 쪽으로 반사된다. 드럼의 표면에는 반도체 물질인 셀레늄을 발라 놓는데, 셀레늄은 평소에는 (+)전하를 띠지만 빛을 받으면 (−)전하를 띠는 성질이 있다. 종이의 흰 부분에 반사된 빛이 드럼에 닿으면 (−)전하를 띠고, 글자가 있는 검은 부분은 빛을 모두 흡수하기 때문에 반사되지 않는다. 즉, 복사기는 토너의 검은 탄소 가루를 전류로 (−)전하를 띠게 만들고 글자가 있는 검은 부분에만 달라붙도록 하는 것이다.

## 개념 적용하기

**1** 금속 막대의 왼쪽: (+)전하
금속 막대의 오른쪽 : (−)전하

[해설] 금속 막대에는 자유 전자가 많기 때문에 금속 막대의 왼쪽에 (−)대전체를 가까이 가져가면 금속 막대에 있던 자유 전자가 왼쪽에서 오른쪽으로 많이 이동한다. 따라서 금속 막대의 왼쪽에는 (+)전하가 유도되고, 오른쪽에는 (−)전하가 유도된다.
이때 금속 막대의 중간 부분은 (+)전하량과 (−)전하량이 같아서 중성으로 유지된다.

**2** ②

[해설] ① 금속판에 손을 접촉시키면 검전기에 있던 (−)전하가 손으로 이동하므로 금속박에는 (−)전하량이 작아져 금속박이 오므라든다.
② (−)대전체를 금속판에 가까이 가져가면 금속판에 있던 (−)전하가 금속박으로 밀려난다. 따라서 금속박은 더 많은 (−)전하가 모이므로 척력에 의하여 더 벌어지게 된다.
③ (+)대전체를 금속판에 가까이 가져가면 금속판에 (−)전하가 이동하므로 금속박은 (−)전하량이 작아지고 금속박은 오므라든다.
④ (−)대전체를 금속박에 가까이 가져가면 금속박에 있던 (−)전하가 금속판으로 밀려나가고 금속박은 (−)전하량이 작아지므로 금속박은 오므라든다.
⑤ 전기를 띠지 않은 금속 막대를 금속판에 접촉시키면 금속박의 (−)전하가 금속판과 물체 쪽으로 이동하므로 금속박은 오므라든다.

**3** ㄱ−e, ㄴ−d, ㄷ−a, ㄹ−f, ㅁ−c, ㅂ−b

[해설] 전압의 단위는 V이고, 전류의 단위는 A이므로 전압계는 −Ⓥ−이고, 전류계는 −Ⓐ−이다.

**4** (1) A, (2) B

[해설] 전자는 (−)극에서 나와서 도선을 따라 (+)극으로 이동한다. 전류는 전자의 흐름을 알기 전에 과학자들이 임의로 (+)극에서 (−)극으로 흐른다고 정하였다.

**5** 니크롬선

[해설] 같은 전압을 걸었을 때 니크롬선은 철선보다 전류가 잘 흐르지 않는다. 따라서 전류가 잘 흐르지 않는 니크롬선의 저항이 더 크다.

**6** (1) 0.5, (2) 0.5, (3) 0.5

[해설] 회로에서 전류의 세기는 모두 같다. 따라서 옴의 법칙을 적용하면, 전류의 세기를 구할 수 있다.
$V=IR$에서 $10\ \text{V}=I\times 20\ \Omega$, $I=0.5\text{A}$

**+참고 자료** 전기 에너지의 전환

스피커는 전기 에너지를 소리 에너지로 전환해 주고, 전열기는 전기 에너지를 열에너지로 전환해 준다. 또 2차 전지의 충전은 전기 에너지를 화학 에너지로 전환해 준다. 형광등은 전기 에너지를 빛에너지로 전환해 주고, 변압기는 전기 에너지를 전압의 크기가 다른 전기 에너지로 전환해 준다.

## 개념 적용하기

**7** (1) 1, (2) 1, (3) 2

[해설] 10 Ω인 저항 2개가 병렬로 연결되어 있으므로 $\frac{1}{10}+\frac{1}{10}=\frac{1}{R}$에서 합성 저항 $R=$ 5 Ω이다.
합성 저항에 걸리는 전압은 10 V이고 $V=IR$에서 10 V$=I\times$5 Ω이므로 회로에 흐르는 전체 전류는 $I=$2 A이다.
전체 전류는 두 전구에 똑같은 크기로 나뉘어 흐르다가 합쳐지므로 전류계 A와 B는 1A, 전류계 C는 2A로 측정된다.

**8** ③

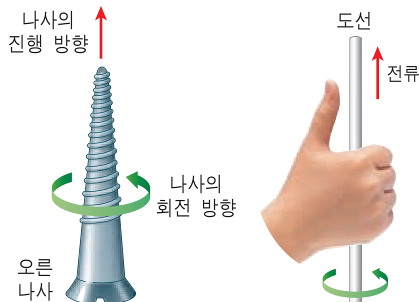
[해설] 전기세탁기에 있는 전동기는 전기 에너지를 운동 에너지로 전환한다.

**9** ②

[해설] 그림은 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에 있으면 자기력을 받아서 움직이는 방향과 정도를 알아보는 실험이다. 자석 사이에 있는 도선이 자기력을 받아서 움직인다.

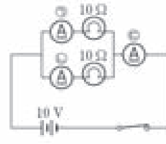
**10** ④

[해설] 전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 생긴다. 따라서 나침반 A는 남쪽으로 힘을 받아 회전하고, 나침반 B는 북쪽으로 힘을 받아 회전하게 된다.




개념 적용하기

**7** 그림과 같이 저항이 10 Ω인 전구 두 개를 10 V에 연결한 후 전류계 A, B, C로 전류를 측정하였다.




각 전류계에 측정되는 전류의 세기를 쓰시오.
(1) ㉠: (  )A (2) ㉡: (  )A
(3) ㉢: (  )A

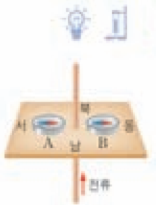
**8** 다음 전기 기구 중 전기 에너지가 역학적 에너지로 전환되는 경우는?
① 전기난로 ② 전기장판
③ 전기세탁기 ④ 전기다리미
⑤ 전기 토스터

**9** 그림과 같이 ㄷ자형 도선의 한 변을 말굽 자석의 N극과 S극 사이에 장치하였다.



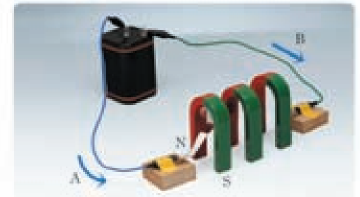

도선에 전류를 흘렸을 때 도선이 움직이는 현상을 보고 알 수 있는 것은?
① 도선의 운동에 의한 유도 전류
② 자기장 속에서 전류가 받는 힘
③ 전류에 의한 소비 전력의 크기
④ 전자기 유도에 의한 전류의 발생
⑤ 전류가 흐르는 도선에 생기는 자기장

**10** 그림과 같이 직선 도선 주위에 나침반을 놓았다. 도선에서 전류가 위쪽으로 흐를 때 나침반 A, B에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 바르게 짝지은 것은?



| | A | B |
|---|---|---|
| ① | 동쪽 | 서쪽 |
| ② | 서쪽 | 동쪽 |
| ③ | 서쪽 | 북쪽 |
| ④ | 남쪽 | 북쪽 |
| ⑤ | 북쪽 | 남쪽 |

**11** 그림과 같이 자석 사이에 얇은 알루미늄박을 넣고 전류를 흘렸더니 알루미늄박이 위로 볼록하게 솟아올랐다.



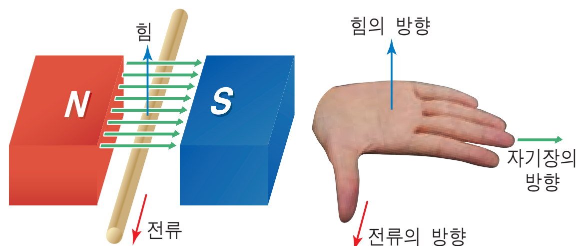
알루미늄박에 흐르는 전류의 방향은 A, B 중 어느 쪽인가?

**12** 코일과 자석을 이용하여 유도 전류를 발생시킬 수 없는 경우는?
① 자석의 N극을 코일 속에서 빼낸다.
② 코일을 자석의 N극 쪽으로 접근시킨다.
③ 자석의 S극을 코일 속으로 가까이 한다.
④ 자석의 N극을 코일 속으로 가까이 한다.
⑤ 자석의 N극을 코일 속에 넣고 움직이지 않는다.

66 Ⅰ. 전기와 자기

**11** B

[해설] 자기장 속에서 그림과 같이 전류가 흐르면 전류가 흐르는 도선은 힘을 받는다. 따라서 전류의 흐름은 B 방향이다.




**12** ⑤

[해설] 코일과 자석의 상대적인 운동으로 전류를 유도할 수 있다. 코일은 정지해 있고 자석을 움직이거나, 자석은 정지해 있고 코일을 움직이면 전류가 유도된다. 그러나 자석을 코일 속에 정지한 상태로 두면 코일에 전류가 유도되지 않는다.

## 개념 응용하기

창의·인성 키우기

1) 풍선을 머리카락에 마찰시켜서 정전기를 띠게 한 후 벽에 대면 달라붙는다.
풍선이 벽에 달라붙는 이유를 서술하시오.

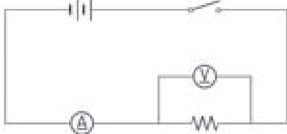


창의·인성 키우기

2) 전기 회로를 물의 흐름과 비교하여 설명할 때, 전지는 펌프, 전구는 물레방아, 물의 흐름은 전류로 비유한다. 이와 같은 비유로 설명할 때 생길 수 있는 문제점들을 서술하시오.

탐구력 기르기

3) 그림과 같은 회로에서 전류계는 저항에 직렬로 연결하고, 전압계는 저항에 병렬로 연결하여 전류와 전압을 측정할 수 있다. 이때 전류계의 저항은 매우 작고, 전압계의 저항은 매우 크다.




(1) 전류계의 저항이 매우 크면 저항에 흐르는 전류는 어떻게 되겠는가?
(2) 전압계의 저항이 매우 작으면 저항에 흐르는 전류는 어떻게 되겠는가?

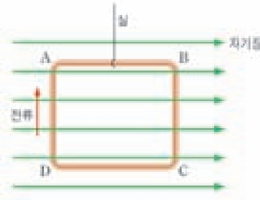
탐구력 기르기

4) 그림과 같이 아래에서 위로 전류가 흐를 때 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 방향을 표시하고, 자기장의 세기를 비교할 수 있도록 자기장을 그리시오.




분석력 키우기

5) 그림과 같이 자기장 속에 사각형 도선을 실에 매달아 놓았다. 이 사각형 도선에 화살표 방향으로 전류가 흐르는 순간 사각형 도선에 나타나는 현상을 서술하시오.




탐구력 기르기

6) 마이크는 소리를 전기 신호로 전환하고, 스피커는 이 전기 신호를 다시 소리로 전환한다. 하지만 마이크를 사용하여 전기 신호를 소리로 전환할 수도 있다. 이러한 마이크의 원리를 짧게 서술하시오.





## 개념 응용하기

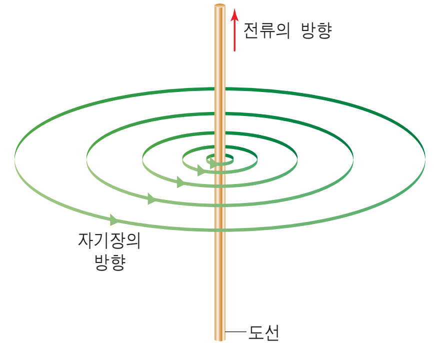
**1)** 풍선을 머리카락에 마찰시키면 풍선은 (−)전하를 띠게 된다. 이렇게 (−)전하로 대전된 풍선을 벽에 가까이 가져가면 풍선 쪽에 가까운 벽은 (+)전하로 유도되어 풍선과 벽 사이에 인력이 작용하게 된다. 따라서 풍선이 벽에 달라붙게 된다.

[해설] 풍선의 (−)전하는 공기 중으로 서서히 방전되기 때문에 어느 정도의 시간이 지나면 풍선은 벽에서 떨어지게 된다.

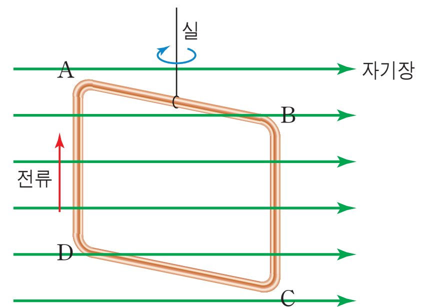
**2)** 예1) 전기 회로에서는 스위치를 닫는 순간 전기 기구는 일을 하게 된다. 그러나 물이 흐르는 회로에서는 펌프를 작동하는 순간 물레방아가 돌아가지 않는다.
예2) 전기 회로에서는 전기 기구를 도선의 어느 곳에 연결하여도 전기 기구를 사용할 수 있다. 그러나 물의 흐름에서는 물레방아를 설치할 수 있는 위치가 물이 떨어지는 아래쪽으로 제한되어 있다.

**3)** (1) 전류계의 저항이 매우 크면 전류가 전류계를 통과하여 흐르기 어렵다.
(2) 전압계의 저항이 매우 작으면 전류는 대부분 저항으로 흐르지 않고 저항이 작은 전압계로 흐르게 된다.

**4)** 전류가 흐르는 도선 주위의 자기장의 방향은 그림과 같다. 이때 자기장의 세기는 도선에서 멀어질수록 작아지므로 자기장이 센 곳은 자기력선의 간격을 좁게 그리고, 자기장이 약한 곳은 자기력선의 간격을 넓게 그린다.




**5)** 도선 AD 부분은 지면 속으로 들어가는 방향으로 힘을 받고, 도선 BC는 지면에서 나오는 방향으로 힘을 받는다. 그리고 도선 AB와 도선 CD는 자기장과 나란하므로 힘을 받지 않는다. 따라서 사각형 도선은 실 쪽에서 볼 때 시계 방향으로 회전하게 된다.



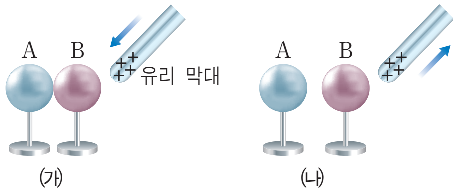

**6)** 마이크와 스피커는 모두 자기장 속에서 전류가 흐를 때 도선이 받는 힘을 이용한 것이다. 따라서 마이크를 소리가 나오는 단자에 꽂으면 마이크 속의 도선이 전기 신호에 따라 떨리게 된다. 마이크의 떨림판이 전기 신호에 따라 떨리게 되면 공기를 진동시켜서 소리를 들을 수 있게 된다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 원자의 구조와 마찰 전기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전자는 (−)전기를 띤다.
② 원자핵은 (+)전기를 띤다.
③ 원자는 전기적으로 중성이다.
④ (−)전하를 잃은 물체는 (+)전기를 띤다.
⑤ 두 물체를 마찰 시킬 때 원자핵이 전자보다 쉽게 이동한다.

**02** 그림 (가)와 같이 (+)전하로 대전된 유리 막대를 서로 붙어 있는 두 금속 공 A, B에 가까이 가져갔다. 잠시 후 그림 (나)와 같이 금속 공을 멀리 뗀 후 유리 막대도 멀리 치웠을 때 두 금속 공의 전하 분포로 옳은 것은?(단, 금속 공은 절연체 위에 놓여 있다.)



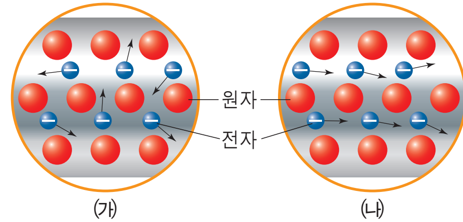

① A (++ ++) B (++ ++)
② A (−− −−) B (−− −−)
③ A (++ ++) B (−− −−)
④ A (−− −−) B (++ ++)
⑤ A (−+ −+) B (−+ −+)

**03** 그림 (가)와 같이 금속박 검전기에 (−)대전체를 가까이 가져간 다음 (나)와 같이 손가락을 금속판에 대었다. 이후 그림 (다)와 같이 손가락과 대전체를 모두 치웠다.




그림 (나)에서 대전체를 먼저 치우느냐 손가락을 먼저 치우느냐에 따라 (다)의 검전기가 어떤 전기를 띠는지 설명하시오.

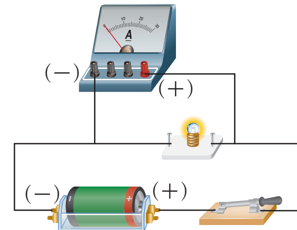
**04** 그림은 도선 속에서 전자의 이동을 모형으로 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① (가), (나)에서 원자는 이동하지 않는다.
② (나)에서 전류는 왼쪽에서 오른쪽으로 흐른다.
③ (나)에서의 전지의 (+)극은 오른쪽에 연결되어 있다.
④ (나)는 전자가 한쪽 방향으로 움직이므로 전류가 흐른다.
⑤ (가)는 전자가 불규칙하게 움직이므로 전류가 흐르지 않는다.

**05** 그림과 같이 전류계를 연결하였을 때 나타나는 현상은?




① 전류계의 바늘이 움직이지 않는다.
② 전류계의 바늘이 왼쪽으로 돌아간다.
③ 전류계의 바늘이 좌우로 심하게 흔들린다.
④ 전류계에 매우 작은 전류가 흘러 전류를 측정할 수 없다.
⑤ 전류계에 매우 센 전류가 흘러 전류계의 바늘이 오른쪽 끝까지 돌아간다.

**06** 그림은 전구에 걸리는 전압을 측정한 것이다. 전지의 (−)극이 30 V 단자에 연결되어 있다면 전구에 걸리는 전압은 몇 V인가?

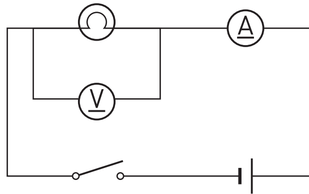



① 2 V ② 5 V ③ 10 V ④ 20 V ⑤ 30 V

**07** 단면적과 길이가 다른 다음 니크롬선 중 저항이 가장 큰 것은? (단, 니크롬선의 재질은 모두 같다.)

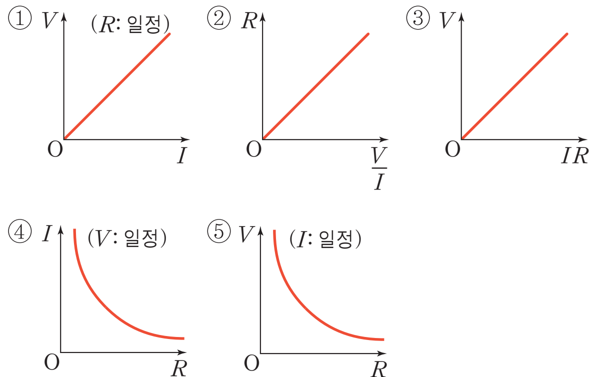
① $1\,\text{mm}^2$, 1m
② $1\,\text{mm}^2$, 2m
③ $2\,\text{mm}^2$, 1m
④ $2\,\text{mm}^2$, 2m
⑤ $3\,\text{mm}^2$, 3m

**08** 그림과 같은 전기 회로에서 사용되지 않은 전기 기구를 고르면?

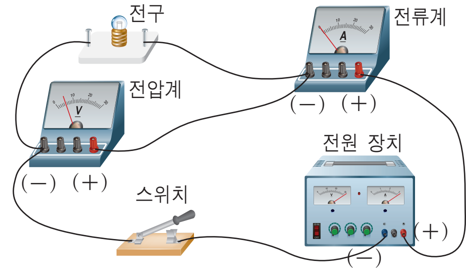



① 전지 ② 전구 ③ 전압계
④ 전류계 ⑤ 저항

**09** 다음 중 옴의 법칙을 나타내는 그래프로 옳지 않은 것은?




**[10~11]** 아래 그림과 같이 전기 회로를 구성하고 스위치를 닫았을 때의 전압이 6 V, 전류의 세기가 300 mA이었다.

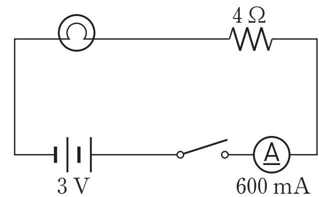



**10** 전압을 3 V로 하였을 때 전류의 세기는?

**11** 전구의 저항은 몇 Ω인가?

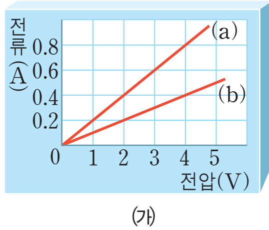
① 0.05 Ω ② 0.5 Ω ③ 1.8 Ω
④ 2 Ω ⑤ 20 Ω

**12** 그림과 같이 4 Ω의 저항과 직렬로 연결된 전구가 있다. 스위치를 닫았을 때 전류계가 600 mA를 가리켰다면, 전구의 저항은 몇 Ω인가?

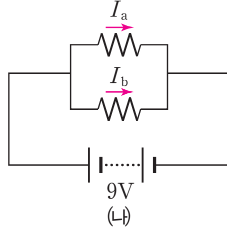



① 0.5 Ω ② 1.0 Ω ③ 2.0 Ω
④ 3.0 Ω ⑤ 6.0 Ω

**13** 그림 (가)는 두 니크롬선 a와 b의 전압과 전류의 관계를 나타낸 그래프이다. 두 니크롬선 a와 b를 그림 (나)와 같이 9 V의 전원에 병렬로 연결할 때 흐르는 전류의 비 $I_a : I_b$는?



(가)



(나)

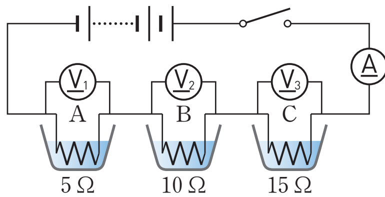
① 1 : 2　② 1 : 3　③ 2 : 1
④ 3 : 2　⑤ 4 : 3

**14** 다음은 가정에서 사용하는 여러 가지 전기 기구를 나타낸 것이다. 이들 전기 기구의 공통점은 무엇인가?

| · 토스터　· 전기다리미　· 전기밥솥 |
|---|

① 전기 에너지를 열에너지로 전환하는 전기 기구이다.
② 전기 에너지를 빛에너지로 전환하는 전기 기구이다.
③ 전기 에너지를 소리 에너지로 전환하는 전기 기구이다.
④ 전기 에너지를 화학 에너지로 전환하는 전기 기구이다.
⑤ 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환하는 전기 기구이다.

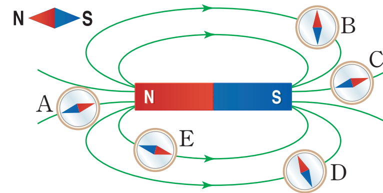
**15** 저항의 크기가 각각 5 Ω, 10 Ω, 15 Ω인 니크롬선을 같은 양의 물이 들어 있는 3개의 열량계에 넣었다.




회로의 스위치를 닫아 5분 동안 전류를 흘려주었을 때 열량계 속의 온도 변화의 비는?
① 1 : 2 : 3　② 3 : 2 : 1　③ 1 : 3 : 5
④ 5 : 3 : 1　⑤ 1 : 1 : 1

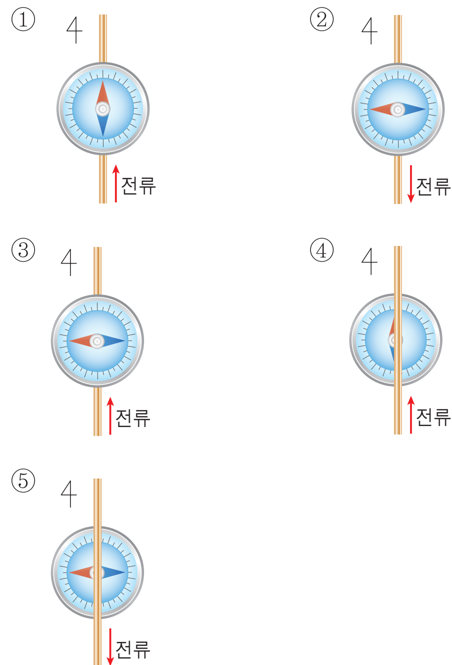
**16** 어떤 가정에서 하루에 40 W의 형광등 2개를 5시간씩, 100 W의 텔레비전을 2시간씩 사용한다고 한다. 이 가정에서 30일 동안 사용하는 전력량은 몇 kWh인가?
① 4 kWh　② 6 kWh　③ 10 kWh
④ 15 kWh　⑤ 18 kWh

**17** 그림은 막대 자석 주위의 자기력선과 각 점에 나침반을 놓았을 때의 자침의 방향을 그린 것이다. 자침의 방향을 바르게 그린 것은?

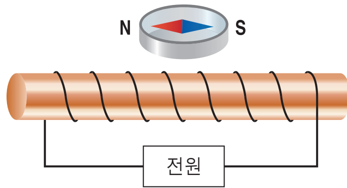



① A　② B　③ C　④ D　⑤ E

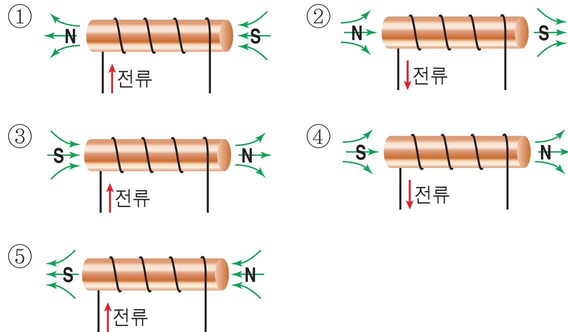
**18** 다음 중 전류가 흐르는 도선 위의 자침의 모양으로 옳은 것은? (단, 자침의 빨간 쪽이 N극이다.)



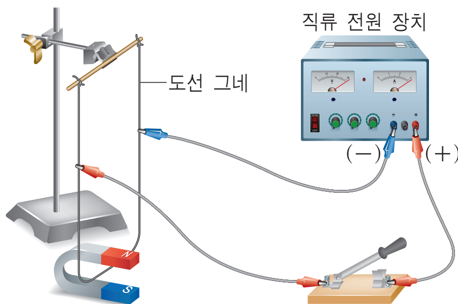
**19** 전류가 흐르는 코일 주위에 나침반을 놓았더니 자침이 다음 그림과 같이 되었다.




다음 중 코일에 흐르는 전류의 방향과 자기장 및 자기력선의 방향을 바르게 나타낸 것은?




**[20~21]** 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향을 알아보기 위하여 그림과 같이 도선 그네를 장치하였다.



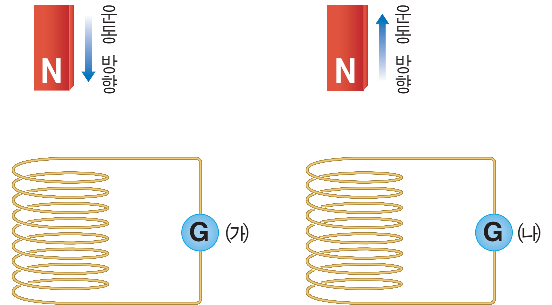

**20** 스위치를 닫을 때 도선 그네가 받는 힘의 방향은?

① 오른쪽 ② 위쪽 ③ 왼쪽
④ 아래쪽 ⑤ 힘을 받지 않는다.

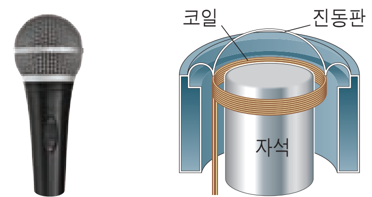
**21** 말굽 자석의 N극과 S극을 바꾸었을 때, 그네가 힘을 받는 방향은?

① 오른쪽 ② 위쪽 ③ 왼쪽
④ 아래쪽 ⑤ 힘을 받지 않는다.

**22** 그림과 같이 코일을 검류계에 연결하고 자석을 코일 가까이에서 움직였다. 이때 검류계 (가)와 (나)에 흐르는 전류의 방향을 화살표로 나타내시오.




**23** 그림은 마이크의 모습과 주요 요소를 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 마이크에 대고 소리를 내면 마이크의 진동판이 앞뒤로 움직이면서 진동한다.
ㄴ. 진동판과 연결되어 있는 코일이 함께 움직이면서 코일에 유도 전류가 발생한다.
ㄷ. 마이크의 전기 신호를 증폭하여 스피커로 보내면 소리가 만들어진다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

프루스트(Proust, J. L. : 1754~1826)



프랑스에서 태어난 프루스트는 1799년에 스페인 마드리드의 실험실에서 한 화합물을 구성하는 원소의 질량비가 일정하게 정해져 있다는 '일정 성분비 법칙'을 실험으로 증명하였다.

1808년에 나폴레옹의 군대에 의해 실험실이 붕괴되어 프루스트는 다시 프랑스로 돌아왔고, 1816년에 프랑스 아카데미 회원이 되었다. 그는 분석 시약으로 황화 수소를 개발하였고, 화합물 조성을 중량 %로 표시했으며 결정 포도당 정제 등의 업적을 남겼다.

68

# Ⅱ 화학 반응에서의 규칙성

◆ 이 단원에서는

화학 반응은 실험실에서뿐만 아니라 우리 일상생활에서도 다양하게 일어나고 있다.

이 단원에서는 화학 변화를 물리 변화와 비교하여 어떤 차이점이 있는지 알아보자. 또 실험을 통해 화학 반응 전과 후의 질량 관계, 화합물을 구성하는 원소 사이의 질량비에서 나타나는 규칙성을 알아보자.

그리고 화학 반응을 원소 기호를 사용하여 화학 반응식으로 나타내고, 화학 반응식에서 계수의 의미를 알아보자.

1 물질의 변화와 화학 반응

2 화학 반응에서의 질량 관계

69

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 5~6학년군에서 화학 반응 중 하나인 연소에 대해 배웠으며, 중학교 ①에서 물리 변화에 해당하는 확산과 증발, 상태 변화에 대해 배웠다. 그리고 중학교 ②에서 화학 반응을 나타내기 위해 필요한 원소와 원소 기호를 배웠으며, 물질을 구성하는 것은 원자이며 이 원자들을 이용하여 화합물을 표현할 수 있음을 학습하였다.

이 단원에서는 화학 변화, 화학의 기본 법칙, 화학 반응식에 대해 다루어 화학 반응이 일어날 때의 규칙성에 대해 학습한다. 즉, 그 동안 배웠던 여러 가지 물질이 변화하는 모습을 바탕으로 하여 이것을 물리 변화와 화학 변화로 구별하고, 여러 가지 화학 반응에 대해 학습한다. 그리고 화학 반응에서 양적 관계의 규칙성이 나타난다는 사실을 실험을 통해 확인하고, 이러한 규칙성은 물질이 입자로 이루어져 있기 때문에 나타난다는 것도 배우도록 한다.

또한 화학 반응을 원소 기호를 이용하여 화학 반응식으로 나타내며, 화학 반응식의 계수의 의미를 이해하도록 한다.

## ▶ 단원 학습 위계

### 이미 배운 내용

| | |
|---|---|
| 초등학교 5~6학년군 | • 연소와 소화 |
| 중학교 ① | • 분자 운동과 상태 변화 |
| 중학교 ② | • 물질의 구성 |



### 이번에 배울 내용

• 물리 변화와 화학 변화
• 여러 가지 화학 반응
• 질량 보존 법칙
• 일정 성분비 법칙
• 화학 반응식



### 다음에 배울 내용

| | |
|---|---|
| 중학교 ③ | • 여러 가지 화학 반응 |
| 고등학교 화학 Ⅰ | • 화합물, 분자, 화학 반응식 |

## 교육과정

■ **학습 내용 성취 기준**

(가) 일상생활에서 물리 변화와 화학 변화의 예를 안다.

(나) 화학 반응을 모형으로 설명하고, 이를 통해 화학 변화는 물질을 구성하는 입자의 종류와 배열이 달라지는 것임을 이해한다.

(다) 간단한 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낸다.

(라) 화학 반응에서 질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙을 모형을 통해 이해한다.

(마) 화학 반응식에서 계수의 의미를 이해한다.

■ **탐구 활동**

(가) 물리 변화와 화학 변화 구분하기

(나) 질량 보존 법칙 실험하기

(다) 일정 성분비 법칙 실험하기

(라) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내기

## 단원 지도상의 유의점

1 양초의 연소와 같은 간단한 실험을 통하여 물리 변화와 화학 변화의 차이점을 파악할 수 있게 한다.

2 학생들이 일상생활에서 볼 수 있는 다양한 변화의 예를 물리 변화와 화학 변화로 구별할 수 있게 하고, 다양한 시청각 자료를 사용하거나 실제 집 안이나 학교에서 일어나는 예를 이용하여 물리 변화와 화학 변화의 차이점에 대하여 설명할 수 있게 한다.

3 화학 반응을 이용하거나 화학 반응이 일어나는 것을 방지하기 위한 관련 직종에 대해 이해할 수 있도록 한다.

4 간단한 실험을 통하여 화학 반응의 종류를 알아보고, 이것을 모형으로 나타내어 이해할 수 있게 한다.

5 다양한 화학 반응을 모형을 이용하여 나타낼 수 있도록 하고, 이를 통해 화학 반응이 일어나는 과정이 물질을 구성하는 원자의 배열이 달라지는 것임을 이해시키도록 한다.

6 원소 기호를 사용하여 화합물의 변화에 대하여 설명하면 좀 더 이해에 도움이 되므로, 학생들이 쉽게 접할 수 있는 원소 기호를 사용하여 이해시키도록 한다.

7 화학 반응의 모형을 통해 질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙을 이해시키도록 한다.

8 생활 주변에서 질량이 보존되지 않을 것 같은 현상의 예를 다양하게 제공하고, 이때에도 질량이 보존됨을 이해하도록 지도한다.

9 반응 물질과 생성 물질의 질량 관계 그래프를 이용하여 일정 성분비 법칙을 이해시키고, 일정 성분비 법칙을 화학 반응에 적용시켜 반응 물질이 정해진 비로만 반응한다는 것을 알아내도록 한다.

10 화학 반응식에서 학생들이 어려워하는 부분은 화학식과 반응 생성물을 알아내는 것이다. 따라서 너무 다양한 물질을 사용하지 않는 것이 좋다.

11 단순한 화학 반응을 통하여 화학 반응식을 나타내고, 이를 통해 계수의 의미를 파악하도록 한다. 즉, 화학 반응식의 계수는 비율의 개념임을 학생들이 잘 알도록 지도한다.

12 화학 반응식의 계수는 반드시 가장 간단한 정수비로만 나타내어야 하는 것은 아니고, 필요에 따라 분수를 사용할 수도 있다. 그러나 특별한 목적이 없으면 가장 간단한 정수비를 사용하도록 지도한다.

## 참고 자료

■ **참고 도서**_교사용

1. Chemistry(2005), Antony C. Wilbraham 외 3저, Pearson Prentice Hall
2. Science Explorer Physical Science(2005), David V. Frank, Ph. D 외 6저, Pearson Prentice Hall
3. 화학 반응식(2002), 요네야마 마사노부 저, 송성호 역, 이지북

■ **읽을 책**_학생용

1. 교실 밖 화학 이야기(2006), 진정일 저, 양문
2. 역사를 바꾼 17가지 화학 이야기(2007), 페니 르 쿠터 외 1저, 사이언스 북스

■ **시청각 자료**_internet

1. 국립 중앙 과학관: http://www.science.go.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅱ-1 물질의 변화와 화학 반응 | 1 물리 변화와 화학 변화 | 5 | 1~2 /14차시 | • 물리 변화와 화학 변화의 정의<br>• 탐구 활동: 물리 변화와 화학 변화<br>• 일상생활에서 물리 변화의 예<br>• 일상생활에서 화학 변화의 예<br>• 체험 활동: 문화재 보존 과학자 |
| | 2 여러 가지 화학 반응 | | 3~5 /14차시 | • 화합의 정의와 반응의 예를 모형으로 나타내기<br>• 분해의 정의와 반응의 예를 모형으로 나타내기<br>• 치환의 정의와 반응의 예를 모형으로 나타내기<br>• 연소의 정의와 반응의 예를 모형으로 나타내기<br>• 보충 · 심화: 완전 연소와 불완전 연소<br>• STEAM: 바이오 연료 |
| Ⅱ-2 화학 반응에서의 질량 관계 | 1 질량 보존 법칙 | 8 | 6~8 /14차시 | • 물리 변화와 화학 변화에서 질량 보존을 확인하기<br>• 탐구 활동: 녹슨 동전이 화학 변화할 때의 질량 보존<br>• 질량 보존 법칙의 정의와 이 법칙이 성립하는 이유<br>• 여러 가지 화학 반응에서 질량 보존 법칙 확인하기<br>• 질량 보존 법칙을 모형으로 나타내기<br>• STEAM: 비만 |
| | 2 일정 성분비 법칙 | | 9~10 /14차시 | • 탐구 활동: 산화 구리(Ⅱ)를 이루는 원소 사이의 질량 관계<br>• 일정 성분비 법칙의 정의<br>• 여러 가지 화학 반응에서 일정 성분비 법칙 확인하기<br>• 일정 성분비 법칙을 모형으로 나타내기 |
| | 3 화학 반응식 | | 11~13 /14차시 | • 화학 반응식을 나타내는 방법<br>• 탐구 활동: 여러 가지 연료의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내기<br>• 화학 반응식에서 계수의 의미 이해하기<br>• 아보가드로 법칙의 정의<br>• 기체 반응 법칙의 정의 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 14/14차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 양초의 연소 과정에서 나타나는 현상을 물리 변화와 화학 변화로 옳게 구별하는지를 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 탐구 절차에 대한 이해도 및 탐구 수행 능력을 실험 보고서법과 관찰법으로 평가한다.<br>• 물리 변화와 화학 변화의 예를 생활 주변에서 찾아 제시하고, 물리 변화와 화학 변화의 차이점을 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 72~77 | 110~115 |
| 자료 해석<br>토의 | • 화합, 분해, 치환 반응을 구별할 수 있으며, 각 반응을 모형으로 나타내고 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다.<br>• 연소 반응을 모형으로 나타내고, 연소 생성물을 통하여 반응 물질을 구성하는 원소를 확인할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 78~85 | 116~123 |
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 녹슨 동전이 화학 변화할 때 질량이 보존된다는 것을 설명할 수 있는지를 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 탐구 절차에 대한 이해도 및 탐구 수행 능력을 실험 보고서법과 관찰법으로 평가한다.<br>• 여러 가지 화학 반응에서 질량 보존 법칙이 성립함을 설명할 수 있는지를 관찰법, 토론법으로 평가한다.<br>• 질량 보존 법칙을 모형으로 나타내고, 질량 보존 법칙이 성립하는 이유를 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 88~95 | 124~131 |
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 산화 구리(Ⅱ)를 이루는 원소 사이의 질량 관계에 대한 실험 결과를 해석하는 능력을 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 탐구 절차에 대한 이해도 및 탐구 수행 능력을 실험 보고서법과 관찰법으로 평가한다.<br>• 여러 가지 화학 반응에서 일정 성분비 법칙이 성립함을 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다.<br>• 일정 성분비 법칙을 모형으로 나타내고, 일정 성분비 법칙이 성립하는 이유를 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 96~99 | 132~135 |
| 자료 해석<br>토의 | • 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내는 방법을 알고 있는지를 토론법으로 평가한다.<br>• 여러 가지 연료의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있는지를 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 화학 반응식의 계수의 의미를 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다.<br>• 화학 반응에서 아보가드로 법칙과 기체 반응 법칙이 성립함을 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 100~107 | 136~143 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 108~111 | 144~147 |

# 1-1 물리 변화와 화학 변화

### 학습 내용 안내

(1) 물리 변화와 화학 변화의 정의를 알고, 구분하여 설명한다.
(2) 일상생활에서 볼 수 있는 다양한 물리 변화의 예를 찾고, 각 현상이 물리 변화인 이유를 설명한다.
(3) 일상생활에서 볼 수 있는 다양한 화학 변화의 예를 찾고, 각 현상이 화학 변화인 이유를 설명한다.

### 학습 전개

물리 변화와 화학 변화의 정의를 알게 한다.

↓

양초의 연소를 이용하여 물리 변화와 화학 변화의 특징을 알게 하고, 서로 구분할 수 있도록 지도한다.

↓

일상생활에서 볼 수 있는 물리 변화의 예를 찾고, 그 변화 모습을 이해할 수 있도록 지도한다.

↓

일상생활에서 볼 수 있는 화학 변화의 예를 찾고, 그 변화 모습을 이해할 수 있도록 지도한다.

**찾아보기**

- LG 사이언스 랜드
  http://www.lg-sl.net
- 과학 공화국 화학 법정 4(화학 반응)(2007), 정완상 저, 자음과 모음
- 문화재 보존 과학 센터
  http://www.conservation.go.kr
- 국립 문화재 연구소
  http://www.nrich.go.kr

Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

## 1-1 물리 변화와 화학 변화



도자기를 만드는 과정은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 반죽한 흙으로 원하는 모양을 만드는 과정과 유약을 발라 가마에 굽는 과정이다. 이 두 가지 과정에서 일어나는 변화는 어떻게 다를까?

**학습 목표**
- 물리 변화와 화학 변화의 차이점을 말할 수 있다.
- 일상생활에서 물리 변화와 화학 변화의 예를 찾을 수 있다.

**용어 유약**
도자기의 표면에 유약을 발라 구우면 액체나 기체가 도자기에 스며들지 못하고 광택이 난다.

반죽한 흙으로 그릇의 모양을 만드는 과정에서 흙의 성질은 변하지 않고 그대로 유지된다. 그러나 모양을 낸 흙에 유약을 발라 가마에 구우면 원래 흙이 가지고 있던 성질을 잃고 새로운 성질을 갖는 물질로 변한다.

한편, 과일은 껍질을 벗겨 내고 작게 자르더라도 맛과 향이 변하지 않는다. 그러나 과일을 먹으면 몸속에서 소화가 일어나 영양소로 흡수되고 남은 찌꺼기는 배출된다. 이때 과일에 들어 있던 영양소는 소화관 속에서 소화 효소에 의해 다른 성질을 가진 물질로 변화하여 우리 몸에 흡수된다.



그림 Ⅰ-1 도자기



그림 Ⅰ-2 과일 먹기

72 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

### 관련 지식

**도자기 제작 과정**

(1) **반죽** 그릇을 빚기 하루 전에 곱게 만든 질흙 항아리를 빻아서 맑은 물을 부어 이긴다. 이 과정이 도자기 제작 과정 중 가장 중요하다.
(2) **물레 성형** 흙을 회전시키며 성형하는 것이며, 손 물레, 발 물레, 전기 물레 등을 사용한다.
(3) **굽깎기** 물레 성형 후 일주일 정도 음지에서 말린 다음, 굽 언저리를 깎아 내어 전체적인 형태를 완성시킨다.
(4) **초벌구이** 재벌구이를 하기 전에 유약 치기를 쉽게 하기 위해 800℃ 전후의 온도로 굽는 과정이다.
(5) **시문** 양각, 음각 등 다양한 기법으로 문양을 넣는다. 필요에 따라 또는 작가의 재량에 따라 초벌구이 전이나 후에 한다.
(6) **유약 입히기** 초벌구이를 한 기물에 유약을 바르는 작업이며, 담금법, 분사법, 필화법이 있다.
(7) **재벌구이** 유약을 바른 도자기를 가마에 넣고 약 1,300℃로 가열하여 도자기를 얻는다.

이와 같이 다양한 과정을 거쳐서 완성되는 도자기의 제조 과정에서는 물리 변화와 화학 변화가 모두 일어난다.

이와 같이 물질의 상태나 모양, 크기는 변하지만 물질이 가진 고유한 성질은 변하지 않는 것을 **물리 변화**라고 한다. 그리고 물질 본래의 성질이 달라져서 처음 물질과는 전혀 다른 물질로 변하는 것을 **화학 변화**라고 한다.

양초를 이용하여 물리 변화와 화학 변화를 구분해 보자.

**탐구 활동** 물리 변화와 화학 변화 실험

목·표

물리 변화와 화학 변화를 구분하여 설명할 수 있다.

준·비·물

양초, 페트리 접시, 자, 점화기

유·의·점

양초는 지름이 3 cm 미만인 것을 준비하여 촛농이 빨리 흘러내릴 수 있도록 한다.

과정

❶ 양초를 페트리 접시 위에 세우고 자로 높이를 잰다.
❷ 양초의 심지에 불을 붙여 양초의 심지 부분을 관찰한다.
❸ 양초가 탈 때 촛농이 흘러내리는 부분의 변화를 관찰한다.

결과

1 양초의 높이는 처음과 비교하여 어떻게 달라지는가?

2 과정 ❷와 ❸에서 관찰할 수 있는 변화를 설명해 보자.

해석

양초가 타면서 나타나는 변화를 물리 변화와 화학 변화의 관점으로 설명해 보자.

양초에서 흘러내리는 촛농은 고체 양초가 열을 흡수하여 액체 상태로 변한 것인데, 열을 방출하면 다시 굳는다. 이때 양초를 이루는 분자의 배열만 변할 뿐 분자의 종류는 변하지 않으므로 양초 본래의 성질은 변하지 않는다.

한편, 양초에 불을 붙이면 빛과 열을 내면서 탄다. 이때 양초는 다른 물질이 되어 공기 중으로 날아가 버린다. 즉, 양초가 탈 때에는 양초를 이루는 원자 배열이 달라져 새로운 성질을 갖는 물질이 생성된다.

1. 물질의 변화와 화학 반응 73

## 탐구 활동 실험

**| 목표 |**

양초를 연소시킬 때 나타나는 변화를 통해 물리 변화와 화학 변화를 구분하여 설명할 수 있다.

**| 원리 설명 |**

1 양초의 연소 과정에서 양초가 녹고 흘러내린 촛농이 굳으며, 연소 후 이산화 탄소와 물이 생성된다.

2 물리 변화는 물질의 고유한 성질이 변하지 않는 것이고, 화학 변화는 처음 물질과 다른 물질이 생성되는 것이다.

**| 유의점 |**

1 불을 사용하는 실험이므로 화재가 나지 않도록 조심한다.

2 양초의 지름이 너무 크면 촛농이 흘러내리기 어렵고 연소가 일어나는 동안 액체 상태로 존재하므로, 지름이 작은 초를 사용하여 촛농이 흘러내릴 수 있도록 한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

모둠으로 실험할 경우 물리 변화와 화학 변화를 관찰하는 모둠원을 따로 두어 각자 관찰하도록 하는 것이 좋다.

**| 결과 |**

1 양초의 높이는 처음과 비교하여 낮아진다.

2 양초가 타면서 양초의 길이가 점점 짧아진다. 그리고 양초가 탈 때 고체 양초는 녹아서 액체 양초(촛농)로 되고, 이 촛농은 아래로 흘러내리면서 점점 식어서 굳는다.

**| 해석 |**

양초가 타면서 양초의 길이가 점점 짧아지는 것은 양초가 연소되면서 화학 변화가 일어난 것이다. 그리고 고체 상태의 양초가 액체 상태의 촛농이 되고, 흘러내린 촛농이 다시 고체 상태로 되는 것은 물질의 고유한 성질은 변하지 않는 물리 변화가 일어난 것이다.

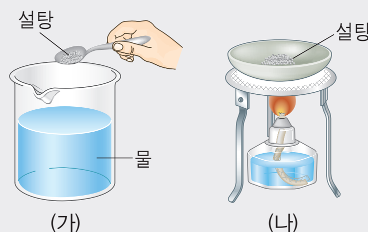


**이런 실험도 가능해요!** 설탕을 이용한 물리 변화와 화학 변화의 구별

**| 과정 |**

(1) 그림 (가)와 같이 물이 담긴 비커에 설탕을 넣고 저어 준 후 변화를 관찰한다.

(2) 그림 (나)와 같이 설탕을 증발 접시에 넣고 알코올램프로 가열한 후 변화를 관찰한다.




**| 결과 및 해석 |**

(1) 설탕을 물에 녹이면 설탕 자체의 성질은 변하지 않고 설탕물이 된다. 따라서 물리 변화가 일어난 것이다.

(2) 설탕을 증발 접시에 넣고 가열하면 설탕이 서서히 녹으면서 처음에는 투명한 액체로 상태 변화하지만, 시간이 지나면서 갈색으로 변한다. 이것은 설탕과는 다른 성질을 나타내는 물질이 생성된 것이므로 화학 변화가 일어난 것이다.

## 학습 자료실

### ❀ 물리 변화

(1) **물리 변화** 원자나 분자의 조성은 변하지 않고, 물질의 고유한 성질을 유지하면서 상태나 모양, 크기만 변하는 현상을 물리 변화라고 한다.

(2) **물리 변화의 예**

① 물을 가열하여 물 분자가 열에너지를 얻으면 수증기가 되고, 물을 냉각하여 물 분자가 열에너지를 잃으면 얼음이 된다. 이와 같이 물은 압력이나 온도의 변화에 의해 물, 수증기, 얼음으로 상태 변화가 일어나는데, 이때 물질 본래의 성질은 변하지 않고 상태만 변하므로 물리 변화에 해당한다.

② 설탕과 물을 혼합하여 설탕물을 만들거나, 에탄올과 물을 혼합하여 에탄올 수용액을 만들 때에도 각 물질의 성질은 변하지 않으므로 물리 변화에 해당한다.

이와 같이 물리 변화가 일어나면 한 물질이 다른 물질로 변한 것처럼 보이지만, 실제로 물질을 이루는 입자에는 변화가 없기 때문에 물질의 성질은 변하지 않는다.

**물리 변화의 예**

설탕 가루를 물에 녹이면 설탕 가루는 눈에 보이지 않지만, 그 물에서는 단맛이 난다. 이것은 설탕이 물에 용해되면서 아주 작은 크기의 분자 상태로 떨어져 나오기 때문이다. 이때 물에 넣기 전의 설탕과 물에 용해된 설탕의 성질은 같다.

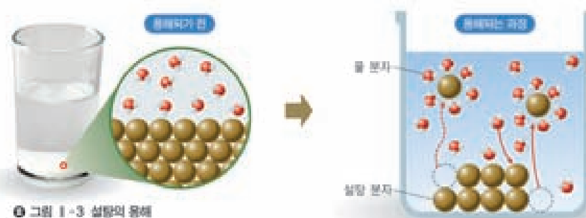



그림 Ⅰ-3 설탕의 용해



그림 Ⅰ-4 잉크의 확산

물속에 잉크를 떨어뜨리면 분자 운동에 의해 잉크가 확산하여 물 전체가 잉크 색으로 변하게 된다. 이때에도 잉크를 이루는 분자의 종류는 변하지 않고 잉크를 이루는 분자의 위치만 변한다. 이 밖에도 요리를 하기 위해 음식 재료를 먹기 좋은 크기로 자르는 것, 나무나 보석을 깎거나 유리를 녹여 공예품을 만드는 것 등은 물리 변화의 다양한 예이다.

그림 Ⅰ-5 물리 변화의 예




74 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

## 과학 돋보기

### ❀ 일상생활에서 볼 수 있는 물리 변화의 예

(1) **융해** 고체 상태의 물질이 액체 상태로 변하는 현상이다. 이때 물질의 성질은 변하지 않고, 분자 배열만 달라지므로 물리 변화이다.
예 얼음이 녹음, 초콜릿이나 아이스크림이 녹음 등



▲ 아이스크림의 융해

(2) **끓음** 액체의 표면뿐만 아니라 내부에서도 기화되는 현상이다. 상태 변화에 해당하므로 물리 변화이다.
예 물의 끓음



▲ 물의 끓음

(3) **확산** 분자들이 스스로 움직여 퍼져 나가는 현상이다. 새로운 물질이 생성되는 것이 아니므로 물리 변화이다. 예 암모니아의 확산

(4) **증발** 액체의 표면에서 분자가 스스로 운동하여 분자 사이의 인력을 이겨내고 기체 상태가 되어 공기 중으로 날아가는 현상이다. 상태 변화(기화)에 해당하므로 물리 변화이다.
예 바닷물을 증발시켜 소금을 얻는 것



▲ 염전

(5) **용해** 한 물질이 다른 물질에 녹아 균일하게 섞이는 현상이다. 물질의 성질은 변하지 않으므로 물리 변화이다. 예 설탕이 물에 녹음

(6) **모양이나 크기의 변화** 큰 물질을 작게 자르는 것은 물질의 성질은 변하지 않고 크기가 작아지거나 모양이 변하는 것이므로 물리 변화이다.
예 원두의 분쇄, 그릇의 깨짐 등



▲ 깨진 컵

**화학 변화의 예**

기온이 높고 습한 여름철에 음식물을 잘못 보관하면 부패하여 악취가 난다. 이러한 음식물은 음식물 자체의 성질이 변하여 다른 물질로 변했기 때문에 먹을 수 없다.

또 달걀을 깨서 프라이팬에 넣어 가열하면 투명하던 흰자가 흰색으로 변하면서 굳어진다. 그리고 식초에 달걀을 넣으면 달걀 껍데기가 식초에 녹아 이산화 탄소 기체가 발생하면서 점점 얇아진다. 이러한 현상은 모두 물질 본래의 성질과는 다른 새로운 성질을 갖는 물질로 변한 것이다.

**앙금** 서로 다른 수용액을 섞었을 때 새롭게 생성되는 물질로, 물에 녹지 않고 가라앉는 물질




그림 Ⅱ-6 사과의 부패

그림 Ⅱ-7 달걀 프라이

그림 Ⅱ-8 달걀 껍데기의 변화

이 밖에도 도시가스와 같은 연료를 연소시킬 때 빛과 열을 내는 현상, 불꽃놀이를 할 때 불꽃이 빛나는 현상, 과일이 익거나 금속이 부식되는 현상, 서로 다른 수용액을 섞었을 때 앙금이 생성되는 현상 등은 모두 화학 변화가 일어난 것이다.

그림 Ⅱ-9 화학 변화의 예




1. 물질의 변화와 화학 반응 75



**학습 자료실**

### ❀ 화학 변화의 예

(1) 상온에서 물이 상태 변화하여 수증기나 얼음이 되는 것은 물리 변화이다. 이러한 물리 변화와 달리 물을 전기 분해하여 수소와 산소를 얻는 반응은 원자 배열이 달라져서 물의 성질을 잃고 새로운 물질로 변한 것이므로 화학 변화에 해당한다.

(2) 진한 황산은 수분을 흡수하는 성질이 강하다. 따라서 설탕에 진한 황산을 떨어뜨리면 진한 황산이 설탕 분자의 수분을 흡수하여 검은 탄소(C)만 남게 된다. 이것은 설탕이 원래의 성질과 전혀 다른 새로운 성질을 가지는 물질로 변한 것이므로 화학 변화에 해당한다.

### ❀ 화학 변화의 몇 가지 증거

(1) **빛, 열의 발생** 성냥이나 양초가 탈 때 빛과 열이 발생한다.

(2) **색깔의 변화** 사과를 깎아서 공기 중에 놓아두면 갈색으로 변한다.

(3) **앙금의 생성** 석회수에 입김을 불어넣으면 흰색 앙금이 생성된다.

(4) **기체의 발생** 상처에 과산화 수소수를 바르면 거품이 생긴다.



**과학 돋보기**

### ❀ 일상생활에서 볼 수 있는 화학 변화의 예

(1) **음식물의 부패** 음식물이 썩는 것을 부패라고 한다. 부패는 유기물이 미생물의 작용에 의해 악취를 내며 분해되는 현상으로서, 원래 음식물이 아닌 다른 물질로 변하므로 화학 변화이다. 그리고 과일의 변색이나 김치의 발효 등도 화학 변화이다.

(2) **단백질의 변성** 펩타이드 결합(−CO−NH−)을 가지고 있는 단백질은 수소 결합을 통해서 연결되어 있는데, 이 단백질에 열을 가하면 수소 결합의 일부가 변화되면서 딱딱해지고 색이 변하게 된다. 특히 달걀의 흰자 부분은 빛을 투과하는 성질을 가져서 투명하지만, 흰자를 가열하면 빛을 반사하는 성질로 변해 흰색을 띠게 된다. 이것은 다른 성질을 가지는 물질로 변한 것이므로 화학 변화이다.

(3) **식초 속의 달걀** 달걀 껍데기는 탄산 칼슘($CaCO_3$)으로 이루어져 있는데, 산성인 식초와 반응시키면 달걀 껍데기가 식초에 녹으면서 껍데기가 점점 얇아지다가 없어진다. 이것은 달걀 껍데기가 식초와 반응하여 딱딱한 성질을 잃어버리고 이산화 탄소 기체가 발생하는 변화로, 원래의 물질과는 전혀 다른 새로운 물질이 생성되는 화학 변화이다.



$$CaCO_3 + 2CH_3COOH \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

**| 관련 지식 |**

### ❀ 도시가스의 연소

도시가스의 연료로 이용되는 것은 액화 천연 가스(LNG)이며, LNG의 주성분은 메테인($CH_4$)이다. 메테인을 연소시키면 이산화 탄소($CO_2$)와 물($H_2O$)이 생성되면서 빛과 열이 발생하는데, 이때 발생하는 열을 이용할 수 있으므로 메테인을 연료로 많이 사용한다. LNG 외에 많이 사용되는 연료로는 액화 석유 가스(LPG)가 있다. LPG의 주성분은 프로페인($C_3H_8$)과 뷰테인($C_4H_{10}$)이며, 이 물질들도 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성되면서 빛과 열이 발생한다.

**코크스** 석탄이나 석유를 원료로 해서 만든 고체 탄소 연료이다.

한편, 일상생활에서 많이 사용하는 금속 중 하나인 철을 철광석으로부터 얻는 과정은 물리 변화와 화학 변화를 모두 포함한다. 광산에서 채취한 철광석에 포함되어 있는 철은 산소와 결합된 형태로 존재한다. 이 철광석을 잘게 부수어 코크스, 석회석과 함께 용광로에 넣어 가열하면 코크스는 산소와 결합하여 일산화 탄소가 되고, 일산화 탄소는 철에 결합된 산소를 빼앗기 때문에 순수한 철을 얻을 수 있다. 이 철을 가공하여 다양한 형태의 철 제품을 만든다.

그림 Ⅱ-10 철을 얻는 과정




**잠깐 체크** 다음 현상들을 물리 변화와 화학 변화로 구분해 보자.

| 용해 | 연소 | 확산 | 부식 | 앙금생성 |
|---|---|---|---|---|

**자기 주도 학습**

- **개념 확인하기**: 물리 변화와 화학 변화의 차이점을 설명해 보자.
- **생활 속 문제 해결하기**: 상처가 났을 때 과산화 수소수로 소독하면 거품이 생기는데, 이것은 어떤 변화에 속하는가?
- **과학과 기술, 사회 연관 짓기**: 고철을 처리할 때 일어나는 물리 변화와 화학 변화를 조사해 보자.

## 잠깐 체크

- **물리 변화**: 용해, 확산

  용해는 한 물질이 다른 물질에 녹아 고르게 섞이는 현상이고, 확산은 분자들이 스스로 움직여 퍼져 나가는 현상이다. 두 현상은 모두 물질을 구성하는 분자의 성질은 변하지 않으므로 물리 변화이다.
- **화학 변화**: 연소, 부식, 앙금생성

  연소는 물질이 산소와 화합하여 빛과 열을 내는 현상이고, 부식은 금속이 산소와 반응하여 녹스는 현상이다. 그리고 앙금은 두 수용액을 섞었을 때 생기는 물에 녹지 않는 물질이다. 세 가지 현상은 모두 원자의 재배열이 이루어지면서 새로운 성질을 가지는 물질로 변하는 화학 변화이다.

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

물리 변화는 물질의 상태나 모양, 크기는 변하지만 물질의 고유한 성질은 변하지 않는 현상이다.

화학 변화는 물질 본래의 성질이 변하여 처음 물질과는 전혀 다른 물질이 생성되는 현상이다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

과산화 수소수로 상처를 소독하면 상처 부위와 반응하여 산소 기체가 발생하기 때문에 거품이 생긴다. 산소 기체는 과산화 수소수와 다른 성질을 갖는 새로운 물질이므로 이 현상은 화학 변화이다.

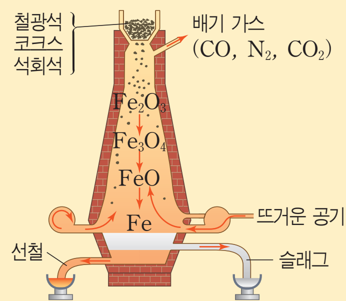
### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

먼저 고철을 수거하여 가공하기 좋은 크기와 상태로 만드는 물리 변화의 과정을 거친다. 그런 다음, 용광로에 넣어 순수한 금속 상태가 되는 화학 변화를 거쳐 재활용된다.

## 심화 학습 철광석의 제련

철광석은 철의 산화물인 적철석($Fe_2O_3$)이나 자철석($Fe_3O_4$)으로 존재하므로 순수한 철을 얻기 위해서는 철광석을 용광로에 넣어 제련해야 한다.

철을 제련할 때에는 철광석, 코크스(C), 석회석($CaCO_3$)을 용광로 속에 함께 넣고 고온으로 가열한 공기를 불어넣는다. 이때 철광석이 녹으면 적철석이나 자철석 중의 산소가 코크스의 탄소와 결합하여 일산화 탄소(CO)나 이산화 탄소($CO_2$)가 되면서 적철석이나 자철석은 산소가 제거되어 순수한 철을 얻을 수 있다.




용광로

용광로에서 바로 나온 철은 선철(무쇠)이라고 하는데, 4 % 안팎의 탄소를 포함하며 단단하지만 비교적 낮은 온도(1,150~1,250 ℃)에서 녹으므로 주물(철을 녹여서 일정한 거푸집에 부어 만든 물건)을 만드는 데 사용된다.

체험 활동

# 문화재 보존 과학자

문화재란 기념물, 민속 자료, 생활 양식 등 문화적 가치가 있다고 인정되는 것을 말한다. 이러한 문화재는 조사와 발굴도 중요하지만 복원과 올바른 보존 또한 매우 중요하다.

문화재는 오랜 기간에 걸쳐 전해져 내려왔기 때문에 그 구성 물질이 주위의 환경, 즉 온도, 습도, 조명, 먼지, 햇빛, 유해 가스 등에 의해 훼손될 수 있다. 환경이 변하면 문화재에서 물리 변화와 화학 변화가 일어날 수 있기 때문이다. 따라서 문화재의 보존을 위해서는 환경 조건을 잘 조절해야 한다.

문화재를 다루는 일은 역사, 미술, 고고학뿐만 아니라 지질학, 화학, 생명 과학 등 다양한 지식을 요구하기 때문에 인문학과 자연 과학의 접목이 필수이다. 1990년대 이후 과학적으로 문화재를 보존하고 복원하기 위한 전문가의 필요성이 새롭게 인식되면서 국내의 몇몇 대학에서 문화재 보존에 관한 학문을 연구하는 학과가 신설되었다. 이러한 학과를 졸업한 사람들은 문화재 수리 기능자나 기술자, 박물관 · 미술관 학예사 등의 자격증을 취득하여 전문적으로 일을 할 수 있다. 또 국립 · 공립 · 사립 박물관과 문화재 연구소, 각 지방 자치 단체의 문화재 관련 부서, 발굴 조사 전문 기관 등으로 진출할 수 있다.



보신각 종의 보존 처리



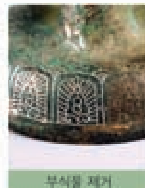
보존 처리 전





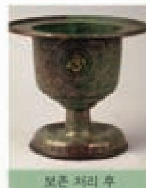
이물질 제거





부식물 제거





보존 처리 후

동제금은입사향로의 보존 처리 과정

1. 물질의 변화와 화학 반응 77

## 참고 자료 문화재 보존 담당자가 되기 위해 필요한 조건

국립 문화재 연구소 및 문화재 보존 과학 센터의 학예사는 문화재청에서 실시하는 공개 제한 경쟁 시험을 통하여 채용하고 있다. 채용 자격으로는 문화재 관련학과 및 문화재 재질별 전공학과 등의 전공자로 제한하고 있다. 문화재 보존 과학과가 개설된 교육 기관에는 공주대학교(문화재 보존 과학과), 경주대학교(문화재학부), 용인대학교(문화재학과), 예원대학교(문화재 보존전공), 한국 전통 문화 학교(문화재 관리학과), 한서대학교(문화재 보존학과)가 있다. 또한 매년 한국 산업 인력 공단에서 주관하는 문화재 수리 기술자(보존 과학) 및 기능자(보존 처리공) 자격 시험이 있으며, 자격증을 취득하여 보존 과학 전문가로 활동할 수 있다. 그리고 한국 전통 문화 연수원에서는 문화재의 과학적 보존에 관한 능력을 향상시키기 위해 각 시 · 도 지방 자치 단체, 공 · 사립 박물관 및 발굴 기관 등의 유물 취급 및 관리 담당자와 문화재청 등록 보수 기술 업체 보존 담당자를 대상으로 매년 1회 보존 과학 기초 연수 교육을 실시하고 있다. 이런 교육 기관의 과정을 이수하면 문화재 보존 과학자로 활동할 수 있다.

## 효과적인 수업을 위한 Tip

1 인터넷 검색 엔진에서 '문화재 보존 과학'을 키워드로 입력하면, 여러 가지 신문 기사들을 검색할 수 있다.

2 '인사동 스캔들'의 영화를 활용하여 문화재 보존 과학자로 활동하던 주인공의 모습에서 미래 과학자로의 꿈을 키우는 데 도움을 줄 수 있다.

## 관련 지식

### ❀ 문화재 보존 사례–숭례문 현판 보존 처리

2008년 2월 숭례문 화재 시 현판을 낙하시켜 그 충격으로 인해 부재(구조물의 뼈대를 이루는 여러 가지 재료) 이탈 및 균열 현상이 발생하였다. 이때 문화재 보존 과학 센터로 이송된 현판은 보존 처리 실시 전 X–ray 조사, 적외선 조사, 안료 분석, 연륜 연대 분석, 수종 분석 등과 세부 상태 조사를 통해 도면을 작성하고 기록하였다. 조사 결과 부재의 수평 불균형 및 안료의 떨어져 나감, 기존 보수 물질, 수습 과정 중 발생된 이물질로 인한 손상이 확인되었다. 이에 문화재 보존 과학 센터에서는 각종 신기술을 이용하여 숭례문 현판의 보존을 위해서 노력하였고, 현재 숭례문 현판은 원본에 가까운 상태가 되었다.

(출처: 문화재 보존 과학 센터)

### ❀ 영화–인사동 스캔들

2009년 박희곤 감독의 작품인 '인사동 스캔들'은 문화재 관련 영화로서, 조선 시대 화가 안견의 작품인 벽안도를 둘러싸고 벌어지는 미술계의 복잡한 이야기를 다루고 있다. 이 영화에서는 진품과 거의 같은 가품을 구별하는 과정, 고미술 작품의 복원과 복제 과정을 흥미롭게 전개하고 있다. 주인공이 문화재 복원 전문가로 활동하고 있는 장면이 등장하므로 학생들의 흥미를 유발하는 자료로 사용할 수 있다.

# 1-2 여러 가지 화학 반응

## 학습 내용 안내

(1) 화학 반응이 무엇인지 알고, 화학 반응에는 화합, 분해, 치환, 연소 등이 있다는 것을 설명한다.
(2) 화합의 정의와 반응의 예를 설명하고, 이것을 모형으로 나타낸다.
(3) 분해의 정의와 반응의 예를 설명하고, 이것을 모형으로 나타낸다.
(4) 치환의 정의와 반응의 예를 설명하고, 이것을 모형으로 나타낸다.
(5) 연소의 정의와 반응의 예를 설명하고, 이것을 모형으로 나타낸다.

## 학습 전개

화합 반응을 알아보고, 모형으로 나타내어 반응을 이해할 수 있게 한다.



분해 반응을 알아보고, 모형으로 나타내어 반응을 이해할 수 있게 한다.



치환 반응을 알아보고, 모형으로 나타내어 반응을 이해할 수 있게 한다.



연소 반응을 알아보고, 모형으로 나타내어 반응을 이해할 수 있게 한다.



에탄올의 연소 후 생성되는 물질을 확인하는 방법을 알게 한다.

**찾아보기**

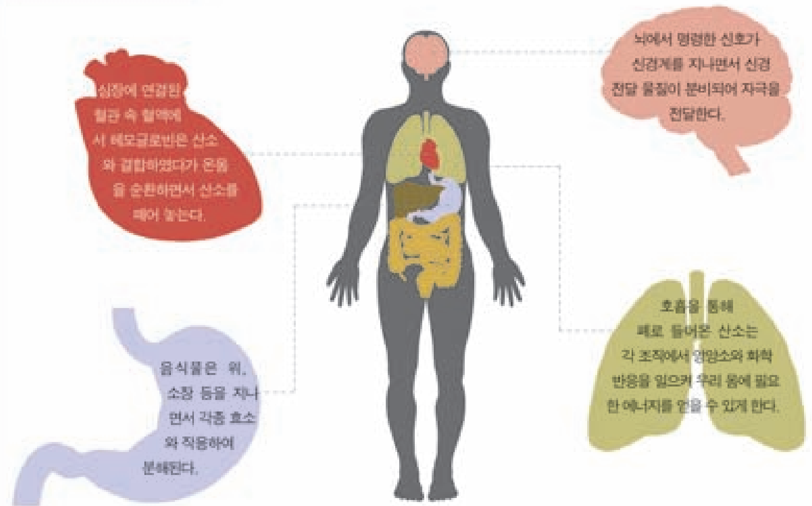
• 서울대학교 과학 교육 연구소
http://serc.snu.ac.kr

I. 화학 반응에서의 규칙성

# 1-2 여러 가지 화학 반응

**학습 목표**
• 여러 가지 화학 반응에 대해 설명할 수 있다.
• 화학 반응을 모형으로 나타낼 수 있다.

우리 몸에서는 다양한 형태의 화학 변화가 일어난다. 음식물을 섭취하면 음식물 속에 들어 있던 영양소는 소화 효소에 의해 작게 분해되고, 산소와 반응하여 에너지를 낸다. 또 여러 가지 물질들은 화학 변화를 일으켜 각종 신호를 전달하기도 한다.




이처럼 몸에서 일어나는 화학 변화뿐만 아니라, 생활 주변에서 일어나는 다양한 화학 변화는 어떻게 나눌 수 있을까?

---

화학 반응은 화학 변화와 같은 뜻으로 사용되며, 화학 반응이 일어나기 전의 물질을 **반응 물질**이라고 하고, 화학 반응이 일어난 후의 물질을 **생성 물질**이라고 한다. 이러한 화학 반응은 혈액이나 각 조직에서 일어나는 반응과 같이 물질이 화합하는 반응, 소화 기관에서 일어나는 반응과 같이 물질이 분해되는 반응, 또 치환 반응과 연소 반응 등으로 나눌 수 있다.

78 I. 화학 반응에서의 규칙성

## 과학 돋보기



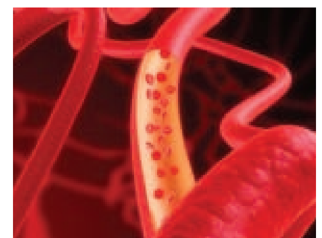
### ❀ 우리 몸에서 일어나는 화학 변화

(1) **신경 전달** 신경 안에 있는 화학 물질들이 서로 위치를 바꾸면서 생기는 전위차가 전기적인 신호를 만들어 내어 신경으로 여러 가지 신호들이 전달된다.

(2) **음식물의 소화** 음식물은 소화 기관을 거치면서 각종 효소나 화학 물질에 의해 새로운 물질로 변하여 우리 몸에서 유용한 에너지원이 된다.

(3) **에너지의 생산** 각종 소화 효소에 의해 분해된 물질들은 연소될 수 있는 형태로 우리 몸에 저장된 후 호흡에 의해 공급된 산소와 반응을 일으켜서 에너지를 만들어 낸다.

(4) **호흡과 순환** 호흡에 의해 폐로 들어온 산소는 적혈구의 헤모글로빈과 결합하여 산소 헤모글로빈의 형태로 된 다음 다시 분리되어 각 조직에 산소가 공급된다. 그리고 각 조직에서 생성된 이산화 탄소와 같은 노폐물은 순환 과정을 거쳐 몸 밖으로 빠져나오게 된다.



동맥 속의 적혈구

**여럿이 하나가 되는 반응 - 화합**

크기가 다른 여러 가지 모양의 블록들을 다양한 방법으로 조합해 보면 하나의 의미 있는 형태가 만들어진다. 이처럼 여럿이 하나가 되는 반응에 대하여 알아보자.

강철 솜을 불꽃에 넣어 가열하면 색깔이 검게 변하면서 탄다. 검게 탄 강철 솜을 충분히 식힌 다음 질량을 재어 보면 처음보다 질량이 증가하였음을 알 수 있다. 또 자석을 대어 보면 연소 전의 강철 솜은 자석에 끌려오지만, 연소 후의 강철 솜은 자석에 끌려오지 않는다. 그 이유는 강철 솜이 타면서 산소와 반응하여 새로운 물질인 산화 철(Ⅱ)로 변하여 성질이 달라졌기 때문이다.

산화 철(Ⅱ)과 산화 철(Ⅲ)
- 산화 철(Ⅱ): FeO, 철을 가열해서 얻을 수 있고, 검은색을 띤다.
- 산화 철(Ⅲ): $Fe_2O_3$, 철이 녹슬었을 때 얻을 수 있으며, 붉은색을 띤다.




그림 Ⅱ-11 철과 산소의 화합

이와 같이 두 가지 이상의 물질이 결합하여 하나의 새로운 물질을 생성하는 반응을 **화합**이라고 하고, 이때 생성된 물질을 **화합물**이라고 한다. 화합이 일어나면 반응하는 물질을 이루고 있던 원자들이 새롭게 결합하면서 원래의 물질과는 전혀 다른 성질의 물질로 변한다.

화합의 모형

마그네슘이 산소와 반응하여 산화 마그네슘이 되는 반응은 화합의 대표적인 예이다. 이를 모형과 함께 나타내면 보다 쉽게 이해할 수 있다.

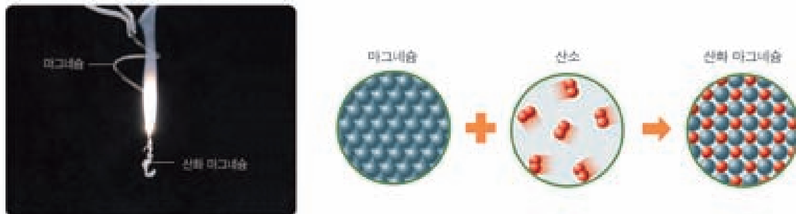



그림 Ⅱ-12 마그네슘과 산소의 화합

철이 녹스는 것은 어떤 종류의 화학 반응에 속하는가?

1. 물질의 변화와 화학 반응 79



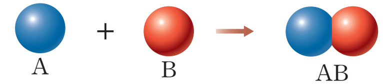

❀ 혼합물과 화합물

| 구분 | 혼합물 | 화합물 |
|---|---|---|
| 정의 | 두 가지 이상의 물질이 본래의 성질을 잃지 않고 섞여 있는 물질 | 두 가지 이상의 물질이 화학 반응하여 새로운 성질을 가지는 물질 |
| 모형 | 산소, 수소 (수소+산소) | 물 |
| 특징 | 성분 물질의 성질을 가진다. | 성분 물질과 다른 새로운 성질을 가진다. |
| 질량비 | 성분 물질의 질량비가 일정하지 않다. | 성분 원소의 질량비가 일정하다. |
| 예 | 설탕물, 소금물, 공기, 사이다, 식초, 바닷물 등 | 물, 이산화 탄소, 황화 철, 산화 은, 산화 구리, 탄산수소 나트륨 등 |




❀ 화합

(1) 화합의 모형




(2) 화합의 예

① 수소 + 산소 ⟶ 물

② 철 + 황 ⟶ 황화 철

③ 철 + 산소 ⟶ 산화 철

④ 구리 + 산소 ⟶ 산화 구리

(3) **철과 황의 화합** 철가루와 황가루가 섞여 있는 것은 두 물질의 성질을 모두 가지는 혼합물이다. 이 혼합물을 가열하면 철과 황이 화합하여 검은색 물질인 황화 철이 생성되는데, 황화 철은 철이나 황의 성질을 가지지 않는 새로운 물질이다.



❶ 철가루와 황가루의 혼합물 ❷ 황화 철




❀ 강철 솜과 산소의 화합에서의 질량 관계

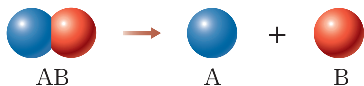
강철 솜을 연소시키면 철과 공기 중의 산소가 화합하여 산화 철(Ⅱ)이라는 새로운 물질로 변한다. 이와 같이 연소하여 생긴 산화 철(Ⅱ)은 연소하기 전인 강철 솜보다 무거워진다. 이것은 철이 결합한 산소의 질량만큼 질량이 증가하였기 때문이다.

**잠깐 체크**

철이 녹스는 것은 철(Fe)이 공기 중의 산소, 물과 반응하여 녹($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$)을 생성하는 현상이다. 이와 같이 두 가지 이상의 물질이 결합하여 새로운 물질을 생성하는 반응은 화합이다.



❀ 분해의 모형




❀ 촉매

과산화 수소를 분해할 때 이산화 망가니즈와 같은 촉매를 가하면 분해가 더 빨리 일어난다. 이때 촉매는 자신은 변하지 않으면서 다른 물질의 화학 변화를 도와준다.

① 반응 전후 촉매의 질량은 변하지 않는다.
② 촉매를 사용하더라도 최종 생성 물질의 양에는 영향을 주지 않는다.
③ 반응 물질이 아니므로 화학 반응식에 나타내지 않고 화살표 위에 표시한다.
④ 반응이 빠르게 일어나도록 하는 물질은 정촉매라고 하고 반응이 느리게 일어나도록 하는 물질은 부촉매라고 하는데, 일반적으로 촉매라고 하면 정촉매를 의미한다.

**잠깐 체크**

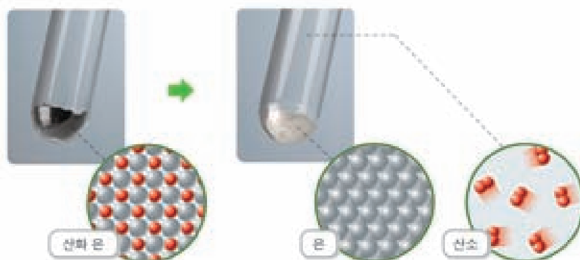
탄산 칼슘($CaCO_3$)을 가열했을 때와 같이 한 가지 물질이 두 가지 물질로 나누어지는 반응은 분해이다.

하나가 여럿이 되는 반응 - 분해

서양의 민속 무용인 포크 댄스를 보면 두 사람이 손을 맞잡고 춤을 추다가 손을 놓고 떨어져서 춤을 추기도 한다. 화학 반응에서도 이렇게 하나가 여럿이 되는 반응이 있다.

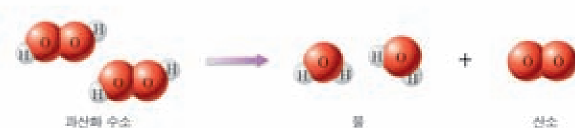



검은색을 띠는 산화 은을 천천히 가열하면 산소가 발생하고, 은백색의 은이 남는다. 이와 같이 한 가지 물질이 두 가지 이상의 물질로 나누어지는 반응을 **분해**라고 하고, 분해는 화합과 반대 과정이다.




❶ 그림 Ⅱ-13 산화 은의 분해

과산화 수소수에서는 기포가 발생하는데, 이것은 과산화 수소가 물과 산소로 분해되기 때문이다.







또 밀가루 반죽에 베이킹파우더를 넣고 가열하면 밀가루 반죽이 부풀어 오르면서 빵이 만들어진다. 이것은 베이킹파우더에 들어 있는 탄산수소 나트륨이 열에 의해 분해되면서 이산화 탄소 기체가 발생하기 때문이다.




잠깐 체크 탄산 칼슘($CaCO_3$)을 가열하면 산화 칼슘($CaO$)과 이산화 탄소($CO_2$)가 생성된다. 이것은 어떤 종류의 화학 반응에 속하는가?

80 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성



❀ 분해의 종류

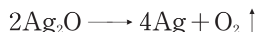
(1) **열분해** 물질을 가열하여 분해하는 반응

① **탄산수소 나트륨**: 흰색의 탄산수소 나트륨을 시험관에 넣고 가열하면 흰색 고체인 탄산 나트륨과 이산화탄소 및 물로 분해된다.



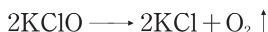
$$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

② **산화 은**: 검은색의 산화 은을 가열하면 산소 기체가 발생하고 은백색의 은이 남는다.



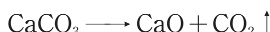
$$2Ag_2O \longrightarrow 4Ag + O_2\uparrow$$

③ **염소산 칼륨**: 염화 칼륨과 산소로 분해된다.



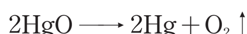
$$2KClO \longrightarrow 2KCl + O_2\uparrow$$

④ **탄산 칼슘**: 산화 칼슘과 이산화 탄소로 분해된다.



$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2\uparrow$$

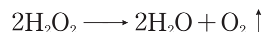
⑤ **산화 수은**: 수은과 산소로 분해된다.



$$2HgO \longrightarrow 2Hg + O_2\uparrow$$

(2) **촉매에 의한 분해** 물질에 촉매를 넣어 분해하는 반응

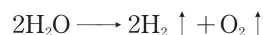
• **과산화 수소**: 과산화 수소가 물과 산소 기체로 분해되는 반응은 느리게 일어나지만, 이산화 망가니즈나 아이오딘화 칼륨과 같은 물질을 촉매로 넣어 주면 분해 반응이 빠르게 일어난다. 이때 분해 결과 생성되는 물질의 종류는 같다.



$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$$

(3) **전기 분해** 물질에 전류를 흘려주어 분해하는 반응

① **물의 전기 분해**: 순수한 물은 전류가 잘 흐르지 않으므로 물에 수산화 나트륨이나 황산을 약간 넣고 전류를 흘려주면 물이 분해되어 수소 기체와 산소 기체가 발생한다.



$$2H_2O \longrightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

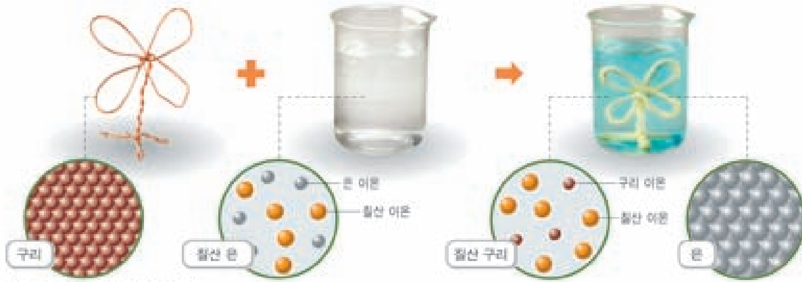
② **물의 전기 분해에서 생성되는 물질**: 물을 전기 분해하면 (+)극에서는 산소 기체가 발생하고, (−)극에서는 수소 기체가 발생한다. 이때 발생하는 수소 기체와 산소 기체의 부피비는 항상 2 : 1이다.

### 자리를 바꾸는 반응 - 치환

자기가 쓰지 않는 물건들을 내놓고 서로 필요한 물건으로 바꾸어 가는 나눔 장터가 있다. 화학 반응에서도 두 물질이 반응할 때 한 물질의 구성 입자가 다른 물질의 구성 입자와 자리를 바꾸는 반응이 일어나는데, 이를 **치환**이라고 한다.

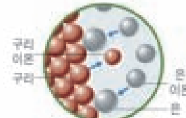
질산 은 수용액에 구리 조각을 넣으면 구리 조각의 표면에 은이 석출된다. 이 반응에서 구리는 수용액 속에 이온으로 녹아들어 가고, 은 이온은 구리의 표면에서 금속 은으로 석출된다. 이것은 은 이온이 구리 이온으로 치환되었기 때문이다.



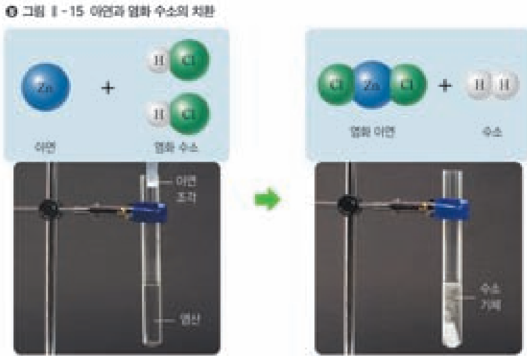




❸ 그림 Ⅱ-14 구리와 질산 은의 치환

염산에 아연 조각을 넣으면 수소 기체가 발생한다. 이 반응에서 염산에 존재하는 수소 이온은 수소 기체로 빠져나가고, 아연 조각에서 녹아나온 아연 이온이 수소 이온 대신 염화 이온과 결합한다.




❸ 그림 Ⅱ-15 아연과 염화 수소의 치환

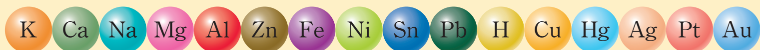



**염산** 염화 수소(HCl)를 물에 녹여 만든 염화 수소 수용액이다.

1. 물질의 변화와 화학 반응 81

## 심화 학습 금속의 이온화 경향

(1) **금속의 이온화 경향** 금속 원자들은 화학 반응이 일어날 때 전자를 잃고 양이온이 된다. 금속이 그 종류에 따라 반응성이 달라지는 것은 금속 원자에 따라 전자를 잃고 양이온이 되려는 경향(이온화 경향)이 다르기 때문이다. 여러 가지 금속과 수소(H)에 대해서 이온화 경향이 큰 순서대로 나타내면 다음과 같다. 이때 이온화 경향이 클수록 반응성이 커서 전자를 내놓고 양이온이 되기 쉬우며, 산과의 반응성이 커진다.




반응성(이온화 경향)이 크다. 반응성(이온화 경향)이 작다.

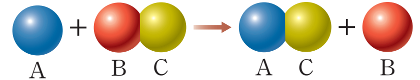
(2) **금속의 반응** 반응성이 작은 금속의 이온($A^+$)이 포함된 수용액과 반응성이 큰 금속(B)을 반응시키면 반응성이 큰 금속(B)은 전자를 잃고 양이온($B^+$)이 되어 녹아들어 가고, 반응성이 작은 금속의 이온($A^+$)은 전자를 얻어 금속(A)으로 석출된다.

(3) **금속과 산의 반응** 수소보다 반응성이 큰 금속은 산에 녹아 수소를 발생시키지만, 수소보다 반응성이 작은 금속은 산에 녹지 않는다.



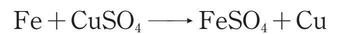

### ❀ 치환

(1) **치환의 모형**




(2) **치환의 예** 치환 반응은 주로 금속의 석출 반응이나 산과 금속의 반응에서 볼 수 있다.

① 철과 황산 구리(Ⅱ) 수용액의 반응


$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

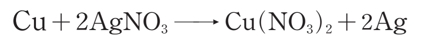
② 철과 묽은 염산의 반응


$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$$




### ❀ 질산 은 수용액과 구리 조각의 반응

질산 은 수용액에 구리 조각을 넣으면 구리가 구리 이온이 되어 수용액 속으로 녹아들어 가고, 수용액 속의 은 이온은 구리가 내놓은 전자를 받아 금속 은으로 석출되는 반응이 일어난다. 즉, 구리와 은 이온이 서로 자리를 바꾸는 치환 반응이 일어나는 것이다.


$$Cu + 2AgNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$$

이와 같은 반응이 일어나는 이유는 은보다 구리의 반응성이 크기 때문이다. 즉, 은보다 반응성이 큰 구리는 수용액 속에 이온으로 녹아들어 가고, 구리보다 반응성이 작은 은이 금속 은으로 석출되는 것이다.

### ❀ 염산과 아연 조각의 반응

염산은 강한 산성을 띠는 물질로서, 아연 조각과 반응하면 아연 조각이 수용액 속에 이온으로 녹아들어 가고, 묽은 염산 속의 수소 이온은 아연이 내놓은 전자를 받아 수소 기체로 발생한다. 즉, 아연과 수소 이온이 서로 자리를 바꾸는 치환 반응이 일어나는 것이다.


$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

대부분의 금속은 강한 산인 염산과 반응하지만, 구리나 은과 같은 일부 금속들은 염산과 반응하지 않는다.

이와 같이 금속의 석출 반응이나 금속과 산의 반응이 일어나는지의 여부는 금속의 반응성 차이를 통해 알 수 있다.

한편, 두 이온이 동시에 자리를 바꾸어 새로운 물질을 만드는 반응도 있다. 염화 나트륨 수용액에 질산 은 수용액을 가하면 흰색 앙금이 생성된다. 이 반응에서 염화 이온과 은 이온은 서로 자리를 바꾸어 결합하고, 나트륨 이온과 질산 이온은 수용액에 남게 된다.



**빛과 열이 나는 반응 - 연소**

양초가 타거나 가스레인지의 가스 또는 숯불이 타는 과정 등은 공통적으로 빛과 열이 나는 반응이다. 이와 같이 물질이 산소와 빠르게 반응하여 빛과 열을 내면서 다른 물질로 변하는 화학 반응을 **연소**라고 한다.



⊙ 그림 Ⅰ-16 촛불



⊙ 그림 Ⅰ-17 가스레인지의 불꽃



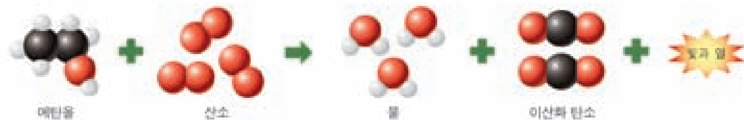
⊙ 그림 Ⅰ-18 숯불

**용어 염화코발트 종이**
수분이 없으면 파란색을 띠고, 수분이 있으면 붉은색을 띠므로 수분을 검출할 때 사용한다.

**용어 석회수**
수산화 칼슘 수용액이다. 이산화 탄소와 반응하여 흰색 앙금을 생성하므로 이산화 탄소의 검출에 사용한다.

연소 과정에서는 빛과 열을 내는 것 외에 어떤 물질들이 만들어질까? 집기병 안에서 에탄올을 연소시켜 보면 확인할 수 있다.

에탄올을 연소시킨 후 집기병의 안쪽 벽에 파란색의 염화코발트 종이를 대어 보면 붉게 변하고, 석회수를 넣고 흔들어 보면 석회수가 뿌옇게 흐려진다. 염화코발트 종이가 붉게 변한 것은 연소 후에 물이 생성되었음을 나타내고, 석회수가 뿌옇게 흐려진 것은 이산화 탄소가 생성되었음을 나타낸다. 즉, 에탄올이 연소하면 물과 이산화 탄소가 생성됨을 알 수 있다.









### ❀ 앙금생성 반응

(1) **앙금생성 반응** 앙금생성 반응은 물질을 이루는 두 가지 이상의 원소가 동시에 자리를 바꾸어 물에 녹지 않는 새로운 물질(앙금)을 만드는 반응이다.

(2) **몇 가지 앙금생성 반응**

① 질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액:
질산 납 + 아이오딘화 칼륨 ⟶ 아이오딘화 납↓(노란색) + 질산 칼륨
$Pb(NO_3)_2 + 2KI \longrightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$

② 황화 나트륨 수용액과 황산 구리(Ⅱ) 수용액:
황화 나트륨 + 황산 구리(Ⅱ) ⟶ 황화 구리↓(검은색) + 황산 나트륨
$Na_2S + CuSO_4 \longrightarrow CuS\downarrow + Na_2SO_4$

③ 염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액:
염화 나트륨 + 질산 은 ⟶ 염화 은↓(흰색) + 질산 나트륨
$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$

### ❀ 염화코발트 종이의 색변화

파란색인 염화코발트(Ⅱ)가 물에 녹으면 염화 이온과 코발트 이온으로 분해되는데, 고체 상태에서는 파장이 짧은 파란색 빛을 반사하다가 이온 상태가 되면 파장이 긴 빨간색 빛을 반사하게 된다. 공기 중의 수분 때문에 색이 변한 염화코발트 종이는 햇빛에 말리면 쉽게 원래의 색을 되찾는다.

### ❀ 연소

연소 과정에서는 반드시 산소가 필요하다.

(1) **양초의 연소** 양초 + 산소 ⟶ 물 + 이산화 탄소 + 빛과 열

(2) **나무의 연소** 나무 + 산소 ⟶ 물 + 이산화 탄소 + 재 + 빛과 열

(3) **강철 솜의 연소** 강철 솜 + 산소 ⟶ 산화 철 + 빛과 열

**✚ 참고 자료** 연소의 조건과 소화

(1) **연소의 조건** 물질이 연소되기 위해서는 탈 물질, 지속적인 산소의 공급, 발화점 이상의 높은 온도가 필요하다.

① 탈 물질: 도시가스, 알코올, 나무 등과 같은 연료가 있어야 한다.

② 산소: 연소는 연료와 산소의 화합이 이루어지는 변화이므로 산소가 공급되지 않으면 물질이 탈 수 없다. 그리고 산소의 양이 많을수록 연소가 잘 일어난다.

③ 발화점 이상의 온도 : 물질의 연소가 지속되기 위해서는 연소에 의해서 열이 발생하는 속도와 그 열이 외부로 빠져나가는 속도가 균형을 이루어야 한다. 이 균형은 각 물질에 있어서 일정한 조건 하에서는 어떤 온도 이상이 되어야 일어나는데, 이 온도를 그 물질의 발화점이라고 한다.

(2) **소화** 연소의 세 가지 조건 중 한 가지 이상을 제거하여 불을 끄는 것이다. 예를 들어 산에 화재가 났을 때 맞불을 놓는 경우가 있는데, 이것은 탈 물질을 제거하여 불을 끄는 것이다. 불이 난 곳에 이불을 덮거나 소화기를 사용하는 것은 공기(산소)를 차단하여 불을 끄는 것이고, 물을 뿌리는 것은 온도를 낮추어 불을 끄는 것이다.




그림 Ⅱ-19 에탄올의 연소 후 생성된 물질의 확인

연소 과정에서는 반응 물질의 성분 원소와 산소가 반응하여 새로운 물질을 생성하는데, 이를 통해 반응 물질이 가지고 있는 원소의 종류를 알 수 있다. 즉, 에탄올은 탄소를 포함하고 있어 이산화 탄소가 생성되고, 수소를 포함하고 있어 물이 생성된다.

우리 몸속에서 일어나는 영양소의 분해 과정을 통해서도 영양소의 성분 원소를 알 수 있다. 우리 몸속의 영양소는 호흡을 통해 흡수한 산소와 반응하여 에너지를 내는데, 이때 이산화 탄소와 물이 생성된다. 따라서 영양소에도 탄소와 수소가 포함되어 있음을 알 수 있다.

스스로 해결하기
뷰테인($C_4H_{10}$)을 연소시키면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 이로부터 뷰테인이 탄소와 (　　)로 이루어져 있음을 알 수 있다.

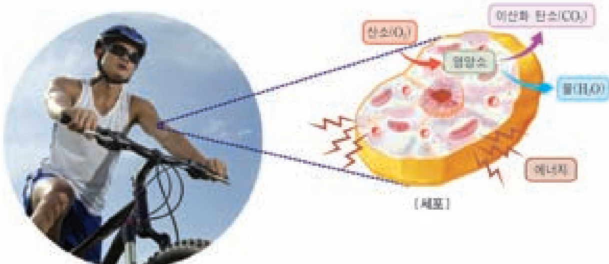



그림 Ⅱ-20 영양소의 분해 과정

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 화학 반응의 종류에는 어떤 것이 있는가? | 분말 소화기를 사용하여 불을 끄는 원리는 무엇인가? | 우리 주변에서 일어나는 화학 반응에 대해 조사해 보자. |

1. 물질의 변화와 화학 반응 83



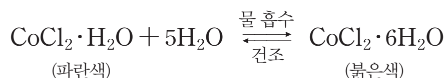
❀ 에탄올의 연소 생성물의 확인

(1) **물과 이산화탄소의 확인**

① **물의 확인:** 파란색 염화코발트 종이를 대면 붉게 변하는 것으로 확인한다.

② **이산화 탄소의 확인:** 석회수에 통과시키면 석회수가 뿌옇게 흐려지는 것으로 확인한다.

(2) **염화코발트 종이**　염화코발트 종이는 수분을 흡수하면 붉은색을 나타내고, 수분을 잃으면 파란색을 나타내므로 물(수분)을 확인하는 데 이용할 수 있다.



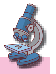
$$\underset{(\text{파란색})}{CoCl_2 \cdot H_2O} + 5H_2O \underset{\text{건조}}{\overset{\text{물 흡수}}{\rightleftarrows}} \underset{(\text{붉은색})}{CoCl_2 \cdot 6H_2O}$$

다른 방법으로 흰색의 무수 황산 구리가 물을 만나면 파란색으로 변하므로 무수 황산 구리를 이용하여 물을 확인할 수도 있다.

(3) **석회수**　석회수는 수산화 칼슘 수용액으로, 이산화 탄소와 반응하면 탄산 칼슘의 흰색 앙금이 생성되어 뿌옇게 흐려지므로 이산화 탄소의 검출에 이용할 수 있다.



$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3(\text{흰색 앙금}) + H_2O$$

❀ 연소 생성물로 반응 물질의 성분 원소 확인하기

연소되는 물질이 탄소(C)를 포함하고 있으면 이산화 탄소($CO_2$)가 생성되고, 수소(H)를 포함하고 있으면 물($H_2O$)이 생성된다. 따라서 연소 후 이산화 탄소가 생성되면 연소된 물질이 탄소(C)를 포함하고 있는 것이고, 물이 생성되면 연소된 물질이 수소(H)를 포함하고 있는 것이다.

스스로 해결하기

뷰테인($C_4H_{10}$)을 연소시키면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 이로부터 뷰테인이 탄소와 ( 수소 )로 이루어져 있음을 알 수 있다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

화합, 분해, 치환, 연소 등

▶ **생활 속 문제 해결하기**

연소가 일어나는 조건에는 연소가 일어날 수 있는 물질, 산소, 발화점 이상의 온도가 필요하다. 소화기는 이 세 가지 요소 중 산소를 차단시키고, 특수한 소화 약제로 온도를 낮추는 원리를 이용하여 불을 끈다. 우리 생활 주변에서 쉽게 구할 수 있고, 분말 소화기, 이산화 탄소 소화기, 할론 소화기 등이 있다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

- 철문이나 청동 조각상의 부식: 철이나 구리 합금 등의 금속이 산소와 만나 녹이 슨다.
- 금 또는 은 도금: 다른 금속의 표면에 얇은 금이나 은의 막을 입혀 금속의 부식을 방지한다.
- 불꽃놀이: 금속 원소가 연소하면서 다양한 색깔의 빛을 낸다.
- 수소 연료 자동차: 수소가 연소하면 물이 생성되어 공해가 발생하지 않는다.

보충·심화

# 완전 연소와 불완전 연소

물질이 연소하려면 산소가 필요하다. 이 과정에서 산소가 충분하면 물질이 모두 연소하는데, 이러한 반응을 완전 연소라고 한다. 그러나 산소가 충분하지 않으면 물질이 완전히 타지 못하는데, 이러한 반응은 불완전 연소라고 한다. 일반적으로 탄소를 가진 물질이 완전 연소하면 이산화 탄소가 발생하지만, 불완전 연소하면 일산화 탄소나 그을음이 발생한다.




일산화 탄소는 몸속에서 적혈구의 헤모글로빈과 강하게 결합하여 혈액의 산소 공급을 방해한다. 또 그을음은 대기 중의 먼지가 되거나 자동차 등의 내연 기관의 효율을 떨어뜨린다. 따라서 불완전 연소되면 연료가 낭비될 뿐만 아니라, 해로운 물질이 생성되므로 가능한 한 완전 연소가 되도록 하는 것이 좋다. 그러기 위해서는 연소가 활발하게 일어날 수 있도록 온도를 높여 주거나 촉매를 사용하고, 충분한 양의 산소를 공급해 주어야 한다.

물음 1 불완전 연소가 인간의 호흡기에 미치는 영향은 무엇인가?
2 천연가스와 휘발유 중에서 완전 연소가 더 잘 일어나는 것은 어떤 연료인가?



84

## 관련 지식

### ❀ 완전 연소와 불완전 연소

산소의 공급이 충분하여 물질이 모두 연소되는 반응이다. 주성분이 탄소(C)와 수소(H)인 연료인 경우 완전 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성된다.

불완전 연소는 산소의 공급이 충분하지 못하여 물과 이산화 탄소 외에도 일산화 탄소(CO)나 그을음(C)이 생성되는 연소 반응이다.

### ❀ 일산화 탄소(CO)

탄소와 산소로 구성된 화합물이다. 가연성이 있으며, 독성이 있어서 취급에 주의가 필요하다. 산소보다 헤모글로빈과의 친화력이 250배 정도 더 좋기 때문에 소량을 흡입했을 때에도 호흡 대사를 방해하여 생명 유지가 어려울 수 있다.

### ❀ 헤모글로빈

적혈구에서 산소를 운반하는 단백질로서, 붉은색을 띠며 철 성분을 포함한다. 헤모글로빈은 산소가 많은 곳에서는 산소와 잘 결합하고, 산소가 적은 곳에서는 붙어 있던 산소를 쉽게 떼어 내는 성질이 있어서 주로 척추동물의 호흡에서 산소 운반에 중요한 역할을 한다.

보충·심화

**효과적인 수업을 위한 Tip**

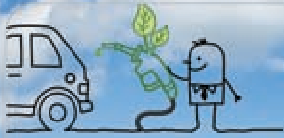
1 인터넷 검색 엔진에서 '완전 연소'와 '불완전 연소'를 키워드로 입력하면 여러 가지 기사들을 검색할 수 있다.

2 불완전 연소를 억제하고 완전 연소가 일어날 수 있게 하는 방법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있음을 소개하는 것도 유용하다.

**물음**

1 불완전 연소의 결과 생성된 일산화 탄소(CO)는 냄새와 색이 없는 유독한 기체이다. 산소($O_2$)보다 적혈구의 헤모글로빈과 더 잘 결합하므로 산소와 헤모글로빈이 결합하는 것을 방해하여 우리의 몸속 조직에 산소가 공급되지 못하게 한다. 몸속에 산소가 부족해지면 세포에서 젖산을 생성하여 혈액이 산성으로 변하고, 이에 따라 호흡의 깊이, 호흡 수, 심장 박동 수가 증가한다. 일산화 탄소를 많이 마시면 산소가 필요한 뇌가 가장 먼저 손상을 입게 되며, 머리가 매우 무겁고 메스꺼움, 어지럼 등의 증상이 생긴다. 그리고 심해지면 호흡 곤란과 함께 정신을 잃게 되며, 생명을 잃을 수도 있다.

2 액화 천연 가스(LNG)는 메테인($CH_4$)이 주성분인데, 메테인은 탄소 원자(C)를 1개 가지는 탄화수소이다. 반면, 휘발유는 탄소 원자를 5～12개 가지는 물질로서, 탄소 사이의 결합이 다양하게 이루어지므로 연소 생성물이 이산화 탄소의 형태로 생성되기 어렵다. 따라서 휘발유보다 탄소 수가 적은 LNG의 경우 완전 연소가 잘 일어난다. 일반적으로 탄화수소는 구성 원자 중 탄소 수가 많을수록, 탄소 사이에 다중 결합(이중 결합, 삼중 결합)을 형성할수록 완전 연소가 일어나기 어렵다.



## 바이오 연료

STEAM 융합

우리는 오랜 기간 동안 화석 연료를 에너지원으로 사용해 왔다. 그러나 최근에는 화석 연료를 지나치게 많이 사용함으로써 여러 가지 문제점들이 제기되면서 화석 연료를 대신할 수 있는 바이오 연료에 대한 관심이 높아지고 있다. 바이오 연료는 식용유, 동물성 지방 등과 같은 생체 물질을 원료로 하는 연료를 통틀어 말하는 것으로서, 기존의 연료를 완전히 대체하거나 기존 연료와 섞어서 사용할 수 있다. 현재는 휘발유와 섞어서 쓰는 바이오에탄올, 경유와 섞어서 쓰는 바이오디젤이 가장 보편적이다. 바이오 연료는 연료로서의 안정성과 환경 친화성, 경제성 등이 입증되면서 상용화 속도가 더욱 빨라지고 있다.

최근 가장 주목을 받고 있는 바이오 연료는 사탕수수와 옥수수를 발효시켜 만드는 바이오에탄올이다. 사탕수수를 대량으로 재배할 수 있는 환경을 갖춘 브라질은 바이오 연료의 상용화에 성공한 나라로 꼽힌다. 브라질 정부에서는 휘발유에 20 % 이상 바이오에탄올을 혼합하도록 법으로 정하였는데, 이것도 바이오에탄올의 상용화를 더욱 촉진시켰다. 그러나 바이오에탄올의 소비 촉진은 국제 곡물 가격의 상승을 초래하는 등 여러 가지 부작용을 낳아 해조류를 이용한 바이오에탄올을 생산하는 방향으로 바뀌고 있다.




❻ 바이오에탄올 공정

❶ **재분과 용해**_ 옥수수를 갈아서 가루로 만들고, 여기에 물을 섞어 걸쭉하게 만든다.

❷ **당화와 발효**_ 옥수수 반죽에 효소를 넣어 녹말을 포도당으로 변화시킨 다음, 효모를 넣어 당을 발효시키면 에탄올이 생성된다.

❸ **증류와 탈수**_ 증류시켜 농도를 높인 에탄올을 탈수시킨다. 이 에탄올에 휘발유와 첨가제를 넣어 연료로 사용하고, 남은 옥수수 찌꺼기 등은 부산물 처리 장치로 보낸다.

**글쓰기** 바이오 연료는 주로 인간이 식량으로 사용하는 물질을 원료로 해서 얻는다. 바이오 연료의 생산을 해조류로 대체해 나가는 이유를 글로 써 보자.



**융합 STEAM**

**글쓰기** 바이오에탄올의 원료는 사탕수수, 사탕무, 옥수수, 감자 등으로서, 이 작물들은 대부분 인류의 식량 자원으로 사용된다. 따라서 이들을 바이오에탄올 생산에 계속 사용한다면 식량 부족, 국제 곡물 가격 상승 등의 문제점이 발생한다. 이에 지상에서의 원료 도입의 한계를 극복하고자 하는 노력이 바다의 원료를 사용하는 것으로 확장되고 있다.

우리나라는 삼면이 바다이고 다양한 해양 자원을 가지고 있으므로, 이에 대한 연구를 통하여 최근에 해조류를 이용한 바이오에탄올 생산에 성공하여 상용화를 위해 노력하고 있다. 광합성을 하는 미세 조류는 육상 식물에 비해 증식 속도가 빠르고 유전자 조작이 비교적 쉬워 이를 이용하면 다양한 종류의 유용한 물질을 생산하고 식용 작물의 범위에서 어느 정도 벗어나 있다는 점에서 바이오매스로 사용할 수 있다. 실제로 미세 조류의 단위 면적당 바이오디젤 생산 효율은 콩의 약 130배에 달할 정도로 효율이 높다는 연구 결과가 발표되어, 다양한 미세 조류를 이용한 바이오 연료의 생산이 새로운 방안으로 떠오르고 있다.

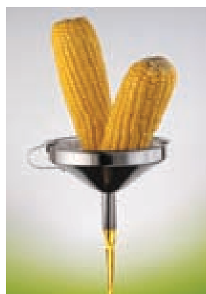
## 관련 지식

### ❀ 바이오매스

에너지원으로 이용되는 식물, 미생물 등의 생물량을 말한다. 바이오매스를 에너지원으로 이용하면 에너지를 저장할 수 있고 재생이 가능하여 지구 어느 곳에서나 얻을 수 있다.

### ❀ 바이오 연료의 이용

바이오 연료는 생물체를 열분해시키거나 발효시켜 얻을 수 있는 메탄올, 에탄올, 수소와 같은 연료를 말한다. 최근 들어 가장 많이 연구되고 있는 분야는 옥수수나 사탕수수에서 에탄올이나 메탄올을 정제하는 기술인데, 에탄올과 메탄올은 석유와 같은 화석 연료에서 나오지만 옥수수나 사탕수수 같은 식물이나 유기체에서도 나온다고 한다. 이것을 활용하면 플라스틱이나 섬유 같은 화학 제품을 생산할 수도 있다.



▲ 바이오 연료

### ❀ 바이오 연료 이용의 문제점

바이오 연료 제조에 쓰이는 곡물량이 급속히 늘어나면서 식량으로 사용해야 할 곡물량이 줄어들고 있다. 바이오 연료의 주재료로 사용되는 것은 사탕수수와 옥수수인데, 이 작물들이 바이오 연료의 제조에 쓰임에 따라 국제 곡물 가격이 상승하고 있는 것이다. 이에 따라 식량 자원을 수입에 의존하는 국가들은 수입하는 곡물의 가격이 높아지면서 국민들이 소비해야 하는 필수 먹거리들의 가격이 폭등하게 되었다. 특히 저개발국일수록 농업 생산량이 충분하지 못하여 식량 자원을 수입하는 경우가 많은데, 이러한 국가들은 비싼 값을 주고 식량을 사와야 하는 문제가 생긴 것이다. 따라서 바이오 연료를 제조하는 국가들은 국제 곡물 가격의 상승을 고려하여 적절한 생산량을 유지해야 할 것이다.

# 2-1 질량 보존 법칙

## | 학습 내용 안내 |

(1) 여러 가지 화학 반응에서 반응 전과 후의 전체 질량이 같다는 것을 설명한다.
(2) 질량 보존 법칙의 정의를 알고, 반응의 예를 들어 설명한다.
(3) 여러 가지 화학 반응에서 질량 보존 법칙이 성립함을 설명한다.
(4) 모형을 이용하여 질량 보존 법칙이 성립하는 이유를 설명한다.

## | 학습 전개 |

물리 변화에서 변화 전과 후의 질량이 변하지 않는다는 것을 알게 한다.



녹슨 동전이 화학 변화할 때 반응 전후에 질량이 보존됨을 알게 한다.



메테인의 연소 반응을 이용하여 화학 변화에서 질량 보존 법칙이 성립하는 이유를 설명할 수 있게 한다.



모형을 이용하여 앙금생성 반응, 금속의 부식, 양초의 연소 반응에서도 질량 보존 법칙이 성립됨을 설명할 수 있게 한다.

**찾아보기**

- LG 사이언스 랜드
  http://www.lg-sl.net
- 사이언스올
  http://www.scienceall.com

Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

## 2-1 질량 보존 법칙



우리는 여러 가지 모양의 양초를 직접 만들어 실내 장식을 하거나 선물을 하기도 한다. 양초 공예를 할 때에는 우선 양초의 재료인 파라핀을 녹여 염료와 향료를 섞는다. 원하는 모양의 틀 가운데에 심지를 세우고 녹인 파라핀을 부어 완전히 굳힌 다음 양초를 틀에서 떼어 내면 완성된다.

이때 녹이기 전과 후 파라핀의 질량은 같을까? 또 양초에 불을 켜 놓으면 양초의 질량은 어떻게 변할까?

**학습 목표**
- 여러 가지 화학 반응에서 반응 전후에 질량이 보존됨을 설명할 수 있다.
- 모형을 이용해 질량 보존 법칙을 설명할 수 있다.

**융해와 용해**
- 융해: 고체 상태의 물질이 녹아 액체 상태로 변하는 것을 말한다.
- 용해: 한 물질이 다른 물질에 녹아 고르게 섞이는 과정을 말한다.

양초 조각을 가열하면 녹아서 액체 상태로 변하고, 설탕을 물에 녹이면 물 속의 설탕이 눈에 보이지 않는다. 이러한 변화가 일어날 때 질량은 어떻게 될까?

양초가 녹거나 설탕이 물에 녹는 것은 물리 변화이므로, 물질의 상태나 모양 또는 부피가 변하지만 물질 본래의 성질은 변하지 않는다. 이것은 물질을 이루는 분자의 배열은 변하지만 분자의 종류는 변하지 않기 때문이다. 또 물리 변화가 일어날 때에는 분자의 수가 변하지 않기 때문에 질량도 변하지 않는다.

그러면 물질을 이루는 원자의 배열이 달라지는 화학 변화가 일어날 때 물질의 질량은 어떻게 될까?

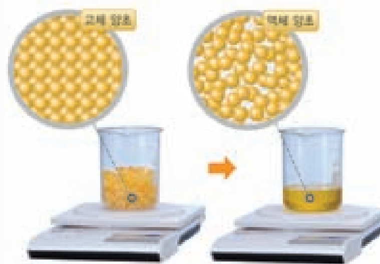


그림 Ⅰ-21 양초의 융해

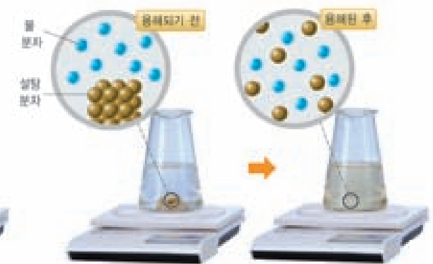


그림 Ⅰ-22 설탕의 용해

88 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성



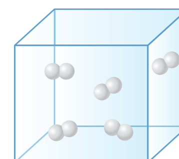

### 분자

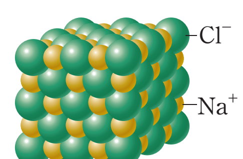
(1) **분자** 물질의 성질을 가지고 있는 가장 작은 입자이다.

① **물리 변화에서의 분자:** 물리 변화에서는 물질의 성질과 질량이 변하지 않으므로 변화 전과 후의 분자의 종류와 수는 서로 같으며, 분자의 배열만 변한다.

② **화학 변화에서의 분자:** 화학 변화에서는 물질의 성질이 변하므로 반응 전과 후의 분자의 종류가 서로 다르다.

(2) **분자로 표현할 수 없는 물질** 분자는 독립적으로 존재하는 입자이므로 모든 물질이 분자 형태로 존재하는 것은 아니다. 수소의 경우는 수소 원자 2개로 이루어진 입자가 독립적으로 존재하므로 분자라고 하지만, 염화 나트륨은 양이온($Na^+$)과 음이온($Cl^-$)이 강한 정전기적 인력에 의해 연속적으로 결합되어 있으므로 양이온 하나와 음이온 하나로 이루어진 독립적인 염화 나트륨 분자로 존재하기 어렵다. 따라서 염화 나트륨은 분자라고 표현하지 않는다.


수소



염화 나트륨

## 탐구 활동 — 녹슨 동전이 화학 변화할 때의 질량 보존 (실험)

**목·표**

녹슨 동전의 변화를 통해 화학 변화에서 질량이 보존됨을 설명할 수 있다.

**준·비·물**

진한 암모니아수, 녹슨 10원짜리 동전 3~4개, 뚜껑이 있는 유리 용기, 눈금 실린더, 전자저울, 핀셋

**⚠ 유·의·점**

1. 암모니아 기체를 직접 들이마시지 않도록 한다.
2. 통풍이 잘되는 곳에서 실험한다.
3. 사용하고 난 암모니아수는 약품 수거 용기에 버려서 환경 오염을 방지한다.

**과정**

❶ 유리 용기에 진한 암모니아수를 50 mL 정도 넣고 뚜껑을 닫아 질량을 측정한다.

❷ 녹슨 10원짜리 동전 4개의 질량을 측정한다.

❸ 녹슨 동전을 핀셋으로 유리 용기에 넣은 다음 용기 안의 변화를 관찰한다. 그리고 10분 정도가 지나면 용기의 질량을 측정한다.

**결과**

1 진한 암모니아수와 녹슨 동전은 각각 어떻게 변하는가?

2 실험 과정에서 측정한 질량을 다음 표에 정리해 보자.

| 실험 과정 | ❶ | ❷ | ❸ |
|---|---|---|---|
| 질량(g) | | | |

3 결과 2에서의 질량은 어떤 관계가 있는가?

**해석**

화학 변화가 일어나기 전과 후의 질량 변화를 설명해 보자.

2. 화학 반응에서의 질량 관계 89

## 탐구 활동 (실험)

### | 목표 |

녹슨 동전을 진한 암모니아수에 넣었을 때의 변화를 통해 화학 변화에서 질량이 보존됨을 알 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 진한 암모니아수와 녹슨 10원짜리 동전과의 반응에서 질량이 보존됨을 확인하는 실험이므로 암모니아수의 질량과 10원짜리 동전의 질량을 정확히 측정한다.

2 10원짜리 동전을 진한 암모니아수에 넣고 10분 정도 시간이 지나면 동전의 녹이 녹아서 무색의 암모니아수가 파란색으로 변한다. 이때 질량을 측정하여 반응 전의 질량과 비교한다.

3 반응 전 진한 암모니아수와 동전의 질량의 합과 진한 암모니아수에 동전을 넣었을 때의 질량이 같음을 이용하여 화학 변화에서 질량이 보존된다는 것을 확인한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 동전의 녹이 눈에 뜨일 만큼 제거되려면 오랜 시간이 필요하다. 따라서 진한 암모니아수의 색깔 변화가 나타나는 정도까지 실험을 진행한다.

2 진한 암모니아수를 사용하는 것이 어렵다면 진한 염산을 사용해도 실험이 가능하다. 이때에는 진한 염산의 색이 노란색으로 변한다.

### | 유의점 |

1 암모니아수는 진한 것을 사용한다.

2 암모니아수는 매우 강하고 자극적인 냄새가 나므로 환기가 잘 되는 곳에서 실험해야 하며, 학생들에게 사전 지도를 충분히 해야 한다.

3 10원짜리 동전은 신형 동전이 아닌 구형 동전을 사용하도록 한다. 현재 발행되지는 않으나 시중에서 충분한 양이 유통되므로 어렵지 않게 구할 수 있다.

### | 결과 |

1 녹슨 동전의 녹이 녹아서 진한 암모니아수의 색이 무색에서 파란색으로 변한다. 그러나 10분 정도의 시간으로는 동전에서 녹이 제거된 것을 관찰하기는 어렵다.

2 실험 과정에서 측정한 질량

| 실험 과정 | ❶ | ❷ | ❸ |
|---|---|---|---|
| 질량(g) | 278.72 | 10.45 | 289.17 |

3 (❶+❷)의 질량=❸의 질량

### | 해석 |

진한 암모니아수의 색깔이 파란색으로 변한 것으로 보아 화학 변화가 일어났음을 알 수 있다. 과정 ❶에서는 진한 암모니아수의 질량이 측정되고, 과정 ❷에서는 동전의 질량이 측정된다. 그리고 진한 암모니아수와 동전이 반응하여 화학 반응이 일어난 후의 질량을 측정한 과정 ❸에서 나타나는 질량이 과정 ❶과 ❷의 질량의 합과 같으므로 반응 전의 질량과 반응 후의 질량은 변화가 없다는 것을 알 수 있다.

## 과학 돋보기



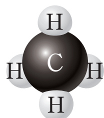
### ❀ 메테인의 연소 반응

**(1) 메테인, 이산화 탄소, 물 분자의 구조**

① 메테인: 정사면체의 꼭지점에 4개의 수소 원자가 있고, 그 중심에 탄소 원자가 위치한 구조이다.

② 물: 산소 원자를 중심으로 양쪽에 수소 원자가 위치하고 있으며, 이 세 원자의 중심은 약 104.5°를 이루는 굽은 구조이다.

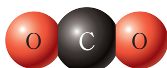
③ 이산화 탄소: 탄소 원자를 중심으로 양쪽에 산소 원자가 위치하고 있으며, 이 세 원자의 중심은 동일 직선상에 있다.




Ⓐ 메테인




Ⓐ 물




Ⓐ 이산화 탄소

**(2) 메테인의 연소 반응에서 반응하는 분자 수**

돌턴의 원자설에 의하면 화학 변화에서 원자는 쪼개지지 않고, 새로 생기거나 없어지지 않는다. 따라서 메테인의 연소 반응에서 메테인과 산소가 1분자씩 반응하는 것이 아니라 메테인 1분자에 산소 2분자가 반응하여 이산화 탄소 1분자와 물 2분자가 생성된다. 이와 관련해서는 '2-3 화학 반응식' 에서 자세히 다룬다.

**스스로 해결하기**

우유에 식초를 떨어뜨리면 단백질이 응고된다. 이때 반응 전의 질량과 반응 후의 질량은 ( 같다 ).



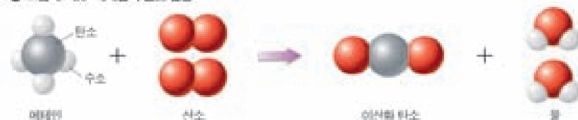

1789년 프랑스의 과학자 라부아지에(Lavoisier, A. L., 1743~1794)는 설탕을 발효시켜 알코올을 얻는 실험을 하였다. 이때 설탕을 포함하여 실험에 사용된 물질의 전체 질량을 측정하고, 발효가 된 후 알코올을 포함한 생성 물질의 전체 질량을 측정하여 발효가 일어나기 전과 후의 질량이 같다는 사실을 발견하였다. 이와 같이 변화 전의 전체 질량과 변화 후의 전체 질량은 항상 같다는 것을 **질량 보존 법칙**이라고 한다.

질량 보존 법칙이 성립하는 이유는 어떻게 설명할 수 있을까?

이 설명을 위해 돌턴은 원자설을 제안했는데, 원자설에 의하면 원자는 화학 변화가 일어나는 동안 새로 생기지도 않고 없어지지도 않는다. 메테인의 연소 반응에 돌턴의 원자설을 적용시켜 보면 질량 보존 법칙이 성립하는 이유를 알 수 있다.

메테인의 연소 반응은 메테인이 산소와 반응하여 이산화 탄소와 물이 생성되는 반응이다. 메테인 1분자가 연소할 때에는 산소 2분자가 필요하며, 이때 이산화 탄소 1분자와 물 2분자가 생성된다.

❶ 그림 Ⅰ-23 메테인의 연소 반응




❶ 표 Ⅰ-1 메테인의 연소 반응 전후에 참여한 원자의 개수

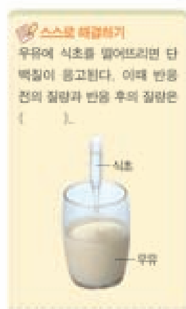
| 구분 | 반응 전 | 반응 후 |
|---|---|---|
| 탄소 원자 | 1개 | 1개 |
| 수소 원자 | 4개 | 4개 |
| 산소 원자 | 4개 | 4개 |

표에 의하면 원자의 종류와 개수는 반응하는 과정에서 변하지 않는다는 것을 알 수 있다. 즉, 메테인의 연소 반응에서 반응한 물질과 생성된 물질은 다르지만, 반응 전후 물질을 구성하는 원자의 종류와 개수는 변하지 않기 때문에 전체 질량은 보존되는 것이다.

이와 같은 이유로 암모니아수에 녹슨 동전을 넣었을 때 녹슨 동전과 암모니아수의 질량을 합한 값은 녹이 녹은 동전과 색이 변한 암모니아수의 질량을 합한 값과 같다.

스스로 해결하기

우유에 식초를 떨어뜨리면 단백질이 응고된다. 이때 반응 전의 질량과 반응 후의 질량은 (　　).




90 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

## 과학 돋보기



### ❀ 라부아지에의 실험

프랑스의 화학자인 라부아지에(Lavoisier, A. L. ; 1743~1794)는 1789년에 발행된 '화학요강' 에서 질량 불변 또는 질량 보존 법칙을 처음으로 언급하였다. 라부아지에는 설탕이 효모에 의해 발효되어 알코올로 변화할 때 최종 생성 물질 중에 있는 처음 원료 물질을 설명할 수 있다고 생각하고, 설탕을 알코올 발효시킬 때의 질량 변화를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

| 물 | + 설탕 | + 효모 | ⟶ | 물 | + 알코올 | + 초산 | + 설탕 | + 건조 효모 | + 탄산 가스 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 407 | 100 | 10 | | 409 | 58 | 2 | 4 | 1 | 35 |

(단위: 파운드)

이 결과에서 반응 전의 총 질량은 407파운드+100파운드+10파운드=517파운드이고, 반응 후의 총 질량은 409파운드+58파운드+2파운드+4파운드+1파운드+35파운드=509파운드로 반응 전과 거의 같았다.

라부아지에는 이 화학 변화 전과 후의 모든 물질을 분석하여 그 중의 수소, 산소, 질소, 탄소의 질량 퍼센트(%)를 산출한 후, 이 분석값과 위의 파운드값으로부터 화학 변화 전후의 각 원소의 질량은 변하지 않는다는 것을 증명하여 질량 보존 법칙이 성립함을 보였다.

고체 양초가 용해되거나 설탕이 용해되는 것과 같이 물질의 성질이 변하지 않는 물리 변화뿐만 아니라, 메테인의 연소 반응과 같이 새로운 물질이 생성되는 화학 변화에서도 물질을 이루는 원자의 종류와 수는 변하지 않기 때문에 질량 보존 법칙이 성립한다.

잠깐 체크 물리 변화와 화학 변화에서 반응 전과 반응 후의 질량을 비교해 보자.

### 여러 가지 반응에서의 질량 보존

연소 반응 외에 앙금생성 반응에서도 질량 보존 법칙이 성립한다. 염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액을 각각 넣은 두 비커의 질량을 함께 측정하고, 두 용액을 섞어 앙금이 생성된 후의 질량을 측정하여 비교하면 질량이 같다.




❶ 그림 Ⅱ-24 염화 나트륨과 질산 은의 앙금생성 반응에서의 질량 보존

염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액을 섞었을 때 흰색 앙금의 염화 은이 생겼으나 반응 전후 질량이 보존되는 이유는 무엇일까? 그것은 염화 나트륨 수용액의 염화 이온과 나트륨 이온, 질산 은 수용액의 질산 이온과 은 이온의 개수가 반응 후에도 변하지 않았기 때문이다.

❶ 그림 Ⅱ-25 염화 나트륨과 질산 은의 앙금생성 반응 모형

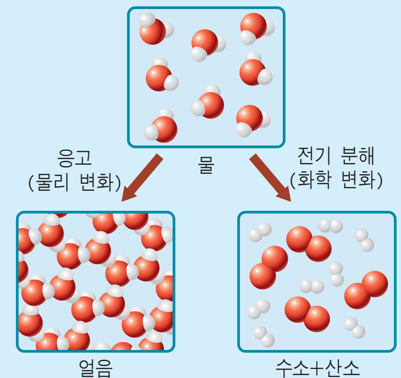



2. 화학 반응에서의 질량 관계 91

#### 잠깐 체크

물리 변화와 화학 변화 모두 물질을 이루는 분자 또는 원자의 종류와 수가 변하지 않으므로 반응 전과 후의 질량은 변하지 않는다.

아래 그림과 같이 물이 응고되는 것은 물리 변화이고, 물이 전기 분해되어 수소 기체와 산소 기체가 발생하는 것은 화학 변화이다. 두 경우 모두 질량 보존 법칙이 성립한다.




#### 참고 자료 물질과 에너지의 보존

화학 개념에서 두 가지 근본적인 원리는 물질의 보존과 에너지의 보존이다.

먼저 화학 반응 전과 반응 후에 물질의 양은 변하지 않고 일정하게 유지되어야 한다. 그 이유는 화학 반응이 일어나는 동안 물질을 구성하는 원자들의 배열만 달라질 뿐 원자가 새로 생성되거나 소멸되지 않기 때문이다.

물질의 재배열에는 에너지의 변화가 따른다. 물질이 달라지면 그 안에 저장된 에너지의 양이 달라지며, 그 차이에 해당되는 에너지는 반응을 통하여 열에너지 또는 전기 에너지와 같은 형태로 변환되어 나타난다. 따라서 화학 반응이 일어나는 경우에도 전체 에너지의 양은 보존된다.

이러한 두 가지 핵심적인 원리는 핵반응의 경우에는 수정되어야 한다. 핵반응에서는 아인슈타인이 제안한 $E=mc^2$의 관계식에 나타난 것과 같이 물질의 질량과 에너지는 서로 전환되기 때문이다. 즉, 핵반응에서는 엄청난 양의 에너지가 방출되므로 반응 물질이 생성 물질로 될 때 질량 감소가 검증할 수 있을 만큼 발생한다. 이 경우에는 질량과 에너지의 합이 보존된다.

#### 과학 돋보기

**❀ 앙금생성 반응에서의 질량 보존**

(1) **염화 나트륨 수용액과 질산 은 수용액의 반응** 염화 은의 흰색 앙금이 생성된다.

$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$

(염화 나트륨+질산 은)의 질량=(염화 은+질산 나트륨)의 질량이다. 반응이 끝난 후 혼합 용액을 거름종이로 걸러 주면 앙금인 염화 은($AgCl$)은 거름종이에 걸러지고, 질산 나트륨($NaNO_3$)은 물속에 이온 상태로 들어 있으므로 반응 후에 수용액을 가열하여 물을 증발시키면 얻을 수 있다.

(2) **질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액의 반응** 아이오딘화 납의 노란색 앙금이 생성되며, 반응 전과 후에 질량은 보존된다.

$Pb(NO_3)_2 + 2KI \longrightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$

(질산 납+아이오딘화 칼륨)의 질량=(아이오딘화 납+질산 칼륨)의 질량



## 과학 돋보기

❀ 손난로

(1) **손난로의 원리** 손난로는 화학 반응이 일어날 때 발생하는 열을 이용하는 것으로서, 분말형과 액체형이 있다.

① 분말형: 철이 공기 중의 산소와 반응하여 산화(녹스는 현상)될 때 발생하는 열을 이용하는데, 이 반응을 빠르게 하기 위해서 철에 활성탄, 소금 등을 섞어 준다.

② 액체형: 싸이오황산 나트륨의 과포화 용액으로서, 과포화된 싸이오황산 나트륨이 결정으로 석출될 때 발생하는 열을 이용한다. 액체형 손난로 속에 들어 있는 똑딱이 금속 단추는 과포화 상태의 싸이오황산 나트륨에 충격을 가하는 역할을 한다.

③ 분말형과 액체형의 비교: 분말형은 보통 10시간 이상 열을 방출하는데, 열을 방출하고 나면 다시 사용할 수 없다. 반면, 액체형은 열을 방출하는 시간은 짧지만 가열하면 다시 사용할 수 있다.

(2) **분말형 손난로의 반응 실험** 손난로의 내용물을 용기에 넣고 밀폐시킨다. 밀폐된 용기를 흔들어 열이 발생한 후, 용기의 뚜껑을 열고 다시 흔들어 준 다음 질량을 측정하면 질량이 증가한 것을 확인할 수 있다. 이것은 병 속의 산소가 철과 반응하여 병 안쪽의 압력이 낮아지기 때문에 뚜껑을 열면 외부에서 공기가 병 내부로 더 들어가 철과 반응하기 때문이다.

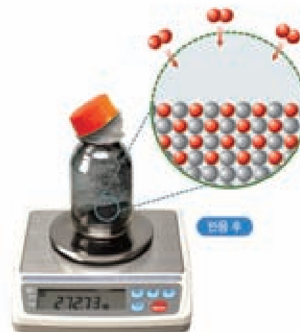
금속은 우리 주변에서 다양하게 사용되는데, 그중에서도 철을 이용해 만든 물건을 많이 볼 수 있다. 그러나 철은 물이나 산소와 만나면 쉽게 녹스는 성질이 있으며 녹슨 철은 녹이 슬기 전보다 질량이 크다. 이 경우 질량 보존 법칙은 성립하지 않는 것일까?

철, 활성탄 등으로 이루어진 손난로는 흔들어 주면 철가루가 공기 중의 산소와 결합하면서 열이 발생하는 원리를 이용한 것이다. 이 손난로의 내용물을 뚜껑이 있는 용기에 넣어 밀폐한 후 질량을 측정하고, 용기를 흔들어서 열이 나는 것을 확인한 다음 다시 질량을 측정하면 반응 전후 질량이 같다. 이때 질량이 보존되는 이유는 용기 안의 산소가 손난로의 철가루와 결합할 때 용기 안에 있는 원자의 종류와 수는 변하지 않기 때문이다.




⊙ 그림 Ⅰ-26 손난로 내용물의 반응 전후 질량 보존(용기가 닫혔을 때)

반면, 뚜껑을 열고 용기를 흔들어 준 다음 질량을 측정하면 흔들기 전보다 질량이 증가한다. 이것은 용기의 뚜껑을 열었을 때에는 공기 중의 산소가 더 들어가 철과 반응하기 때문에 질량이 증가한 것이다.




⊙ 그림 Ⅰ-27 용기가 열렸을 때

92 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성



## 학습 자료실

❀ 철의 연소 반응에서의 질량 변화

① 열린 공간: 철이 공기 중의 산소와 결합하여 산화 철을 생성하므로 결합한 산소의 질량만큼 질량이 증가한다.

② 밀폐된 공간: 철의 질량과 결합한 산소의 질량을 합하면 산화 철의 질량과 같다.

③ 질량 관계: 철과 반응한 산소의 질량을 고려하면 반응 전과 후에 전체 질량은 일정하므로 질량 보존 법칙은 항상 성립한다.

(철+산소)의 질량=산화 철의 질량



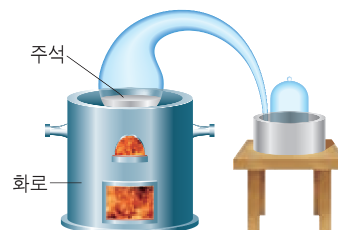
## 역사 속의 과학



❀ 금속의 산화에 대한 라부아지에의 실험

라부아지에 이전에는 금속을 가열했을 때 질량이 증가하는 것은 '불의 입자'가 금속과 결합했기 때문이라고 하였다. 그러나 라부아지에는 주석으로 실험을 하여 금속을 가열하면 공기 중의 어떤 성분이 금속과 결합하기 때문에 질량이 증가한다고 주장하였다.

라부아지에는 질량을 정확히 측정한 주석을 용기에 넣고 밀폐시킨 후 며칠 동안 가열하여 주석을 모두 반응시킨 상태에서 질량을 측정하고, 용기의 마개를 열어 다시 질량을 측정하였다. 마개를 연 뒤 용기 전체의 질량이 증가했는데, 이때 증가한 질량은 용기에서 꺼낸 주석과 처음에 사용한 주석의 질량 차이와 같았다. 즉, 가열에 의해 증가한 주석의 질량과 주석이 반응할 때 감소한 공기의 질량이 같았다. 라부아지에는 이 실험을 통해 주석을 가열할 때 질량이 증가하는 것은 주석이 공기 중의 어떤 성분(산소)과 결합했기 때문이라고 생각했으며, 이것은 질량 보존 법칙을 바탕으로 하고 있다.




⊙ 라부아지에의 공기 실험 장치

철이 녹스는 반응은 철이 공기 중의 산소와 결합하여 산화 철(Ⅲ)이 되는 반응이다. 이 반응에서 생성된 산화 철(Ⅲ)은 산소와 반응하기 전의 철보다 질량이 크다. 철과 산화 철(Ⅲ)의 질량만을 비교하면 질량이 증가하여 질량 보존 법칙이 성립하지 않는 것처럼 보이지만, 이것은 철과 반응한 산소의 질량을 고려하지 않았기 때문이다. 철과 반응하는 공기 중의 산소와 철의 질량을 합한 값은 산화 철(Ⅲ)의 질량과 일치하므로 질량 보존 법칙이 성립한다.

나무나 종이가 연소하면 재가 남는데, 연소하기 전의 나무나 종이의 질량보다 남은 재의 질량이 가볍다. 이 경우에도 질량 보존 법칙이 성립할까?

먼저 양초를 저울에 올려놓고 질량을 측정한 후, 양초에 불을 붙여 질량 변화를 관찰하면 질량이 점점 감소한다. 그러나 집기병에 양초를 넣고 유리판으로 덮은 상태에서 질량을 측정하고, 양초에 불을 붙인 직후 유리판을 덮고 양초의 불이 꺼진 다음 질량을 다시 측정하면 연소 전후 질량이 변하지 않는다.

용기에 넣지 않고 양초를 연소시켰을 때에는 질량이 감소하는데, 입구를 막은 집기병 속에서 양초를 연소시켰을 때 질량이 변하지 않는 이유는 무엇일까?



❸ 그림 Ⅱ-30 나무의 연소

❸ 그림 Ⅱ-28 양초의 연소 전후의 질량




❸ 그림 Ⅱ-29 입구를 막은 집기병 속에서 양초의 연소 전후의 질량




2. 화학 반응에서의 질량 관계 93

## 참고 자료 연소 이론

(1) **플로지스톤설** 플로지스톤은 그리스 어로 '불타는 것'이라는 뜻으로서, 열을 물질로 보는 시각에서 출발한 개념이다. 기름이나 유황처럼 잘 타는 물질은 플로지스톤을 많이 포함하고 있고, 수소처럼 타고 난 후 재가 남지 않는 물질은 플로지스톤 그 자체라고 보았다. 그리고 공기 중에 플로지스톤이 가득 차면 연소가 멈춘다고 보았다. 따라서 가연성 물질과 금속은 모두 이 플로지스톤을 가지고 있으며, 연소는 이러한 물질로부터 플로지스톤이 빠져나가는 현상이라고 주장하였다. 그런데 물질의 연소 후 대부분은 질량이 감소하지만 금속의 경우는 질량이 증가하는데, 플로지스톤설로는 금속의 재가 금속보다 무거워지는 현상을 설명하기 어려웠다.

(2) **산소에 의한 연소설** 여러 가지 실험을 통해 물질이 연소한 후에 남은 공기와 물질이 연소하기 전의 공기는 서로 성질이 다르고, 물질의 연소에 의해 공기의 질량이 감소한다는 것 등을 알게 되었다. 이들을 근거로 연소가 공기 중의 어떤 성분과 결합하는 현상이라고 설명하였으며, 후에 그 성분이 산소라는 것을 알게 되었다. 따라서 연소는 물질이 산소와 반응하는 현상이라고 설명한다.

## 과학 돋보기



### ❀ 양초의 연소 반응에서 질량의 변화

공기 중에서 양초가 연소하는 동안 질량이 감소하므로 양초의 연소 반응이 질량 보존 법칙에 맞지 않는 것처럼 보일 수 있다. 그러나 양초의 연소 결과 생성되는 물질이 양초에 남아 있지 않고 공기 중으로 날아간다고 가정하면 질량 보존 법칙의 범위 내에서 설명할 수 있다. 이것을 확인하기 위해서는 양초의 연소에서 생성되는 물질이 공기 중으로 날아가지 못하도록 한 후 질량을 측정하여 비교하면 된다. 즉, 양초를 용기에 넣고 불을 붙인 후 재빠르게 용기의 뚜껑을 덮어 양초의 연소 생성물이 밖으로 빠져나가지 못하도록 밀폐시킨 후 질량을 측정한다. 이때 연소 전과 연소 후의 질량이 같으므로 양초의 연소에서도 질량 보존 법칙이 성립한다는 것을 알 수 있다.

## 학습 자료실

### ❀ 양초의 연소 반응에서 공기의 성분비 변화

집기병에 양초를 넣고 유리판으로 덮어 밀폐시킨 상태에서 양초를 연소시키는 경우, 연소 과정에서 필요한 산소를 모두 소모하고 나면 더 이상 연소 반응이 일어날 수 없다. 이때 집기병 내부의 전체 질량은 변화가 없지만 화학 반응이 일어나는 동안 내부 기체의 조성비는 변화한다. 즉, 공기 중에 있던 연소에 필요한 산소 기체는 거의 없어지고, 공기를 이루는 비율이 가장 큰 질소 기체가 집기병 안 기체의 대부분을 차지하게 된다.

양초의 연소 반응 시 소모되는 산소 기체의 분자 수보다 생성되는 이산화 탄소 기체의 분자 수가 적고, 이때 생성되는 수증기는 대부분 물로 액화된다. 따라서, 내부 압력이 외부 압력보다 작아지므로 집기병을 랩으로 덮은 경우에는 내부의 부피가 감소하여 랩이 안쪽으로 오목하게 밀려들어가는 현상이 일어날 수 있다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 연소 생성물

연소 생성물은 물질이 연소할 때 생성되는 물질이다. 가장 전형적인 연소 생성물은 연소되는 물질을 구성하는 원소의 산화물이다. 즉, 탄소(C)를 포함한 물질이 연소되면 이산화 탄소가 생성되고, 수소(H)를 포함한 물질이 연소되면 물이 생성된다. 대부분 비금속 원소의 산화물은 기체이고, 금속 원소의 산화물은 고체이므로 물질을 연소시켰을 때 남는 재는 금속 원소의 산화물이다. 따라서 재의 색깔이 회백색을 띠는 것이며, 가끔 재가 검은색을 띠는 것은 연소되지 않은 탄소(C)가 남아 있기 때문이다. 이와 같은 이유로 종이를 태울 때 불이 완전하게 꺼진 부분은 회백색이고, 연소되고 있는 부분은 검은색을 나타낸다.






### ❀ 기체가 발생하는 반응의 질량 변화

(1) **염산과 탄산 칼슘의 반응** 염산에 탄산 칼슘을 넣으면 이산화 탄소 기체가 발생한다.

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

① **열린 용기:** 이산화 탄소 기체가 용기 밖으로 빠져나가므로 반응 후 질량이 감소한다.

② **밀폐된 용기:** 이산화 탄소 기체가 용기 밖으로 빠져나가지 못하므로 반응 전과 후에 질량이 일정하다.

③ **질량 관계:** 공기 중으로 날아간 이산화 탄소의 질량을 고려하면 반응 전과 후에 전체 질량은 일정하므로 질량 보존 법칙이 성립한다.

(탄산 칼슘+염산)의 질량=(염화 칼슘+물+이산화 탄소)의 질량

(2) **여러 가지 기체 발생 반응**

| 반응 | 기체 |
|---|---|
| 달걀 껍데기＋염산 | 이산화 탄소 |
| 아연＋염산 | 수소 |
| 과산화 수소의 분해 | 산소 |
| 산화 은의 가열 | 산소 |

양초가 타고 난 다음 집기병의 내부에 생긴 액체 방울에 파란색의 염화코발트 종이를 대어 보면 붉게 변하므로 양초의 연소로 물이 생겼다는 것을 알 수 있다. 또 집기병에 석회수를 넣고 흔들어 보면 석회수가 뿌옇게 흐려지므로 이산화 탄소가 생겼다는 것을 알 수 있다.




그림 Ⅰ-31 양초의 연소 후 생성된 물질의 확인

스스로 해결하기
철이 녹슬 때에는 질량이 증가하는 것처럼 보이고, 양초가 연소할 때에는 질량이 감소하는 것처럼 보인다. 그러나 반응한 물질과 생성된 물질의 원자의 종류와 (　　)는 변하지 않으므로 (　　)이 보존된다.

따라서 용기에 넣지 않은 상태에서 양초를 연소시킬 때 질량이 감소하는 이유는 연소 후 생성된 이산화 탄소와 수증기가 공기 중으로 날아가기 때문이다. 반면, 집기병의 입구를 유리판으로 덮었을 때에는 산소가 외부에서 들어오지 못하고 이산화 탄소와 수증기가 집기병을 빠져나가지 못하므로 질량이 보존된다.

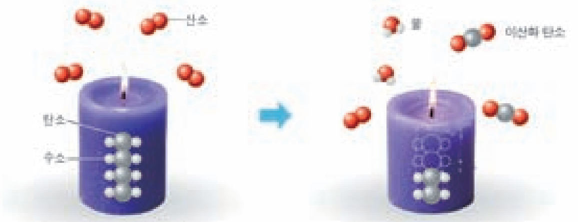



그림 Ⅰ-32 양초의 연소 모형

여러 가지 반응을 통해 알아보았듯이 화학 변화에 의해서 겉으로는 질량이 증가하거나 감소하는 것처럼 보이기도 하지만, 반응한 기체나 공기 중으로 날아간 기체를 고려하면 전체 반응에서 물질을 구성하는 원자의 수는 변하지 않으므로 질량은 항상 보존된다.

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|
| 질량 보존 법칙이란 무엇인가? | 우리 주변에서 여러 종류의 플라스틱 폐기물이 늘어나는 이유를 질량 보존 법칙의 관점에서 설명해 보자. |

94 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

### 스스로 해결하기

철이 녹슬 때에는 질량이 증가하는 것처럼 보이고, 양초가 연소할 때에는 질량이 감소하는 것처럼 보인다. 그러나 반응한 물질과 생성된 물질의 원자의 종류와 ( 수 )는 변하지 않으므로 ( 질량 )이 보존된다.

### 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

질량 보존 법칙은 변화가 일어나기 전과 후에 질량이 보존된다는 것으로서, 물리 변화뿐만 아니라 화학 변화에서도 성립한다. 질량 보존 법칙이 성립하는 것은 변화가 일어날 때 물질을 이루는 분자 또는 원자의 종류나 수가 변하지 않기 때문이다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

우주로부터 지구로 유입되는 물질의 양이나 반대로 지구로부터 우주로 나가는 물질의 양은 지구 전체 질량에 비해 매우 적으므로 지구 전체의 질량은 일정하다고 할 수 있다. 따라서 우리 주변에서 플라스틱 폐기물이 늘어나는 이유는 플라스틱의 원료인 원유가 그만큼 감소하고 있기 때문이다.



STEAM 융합

# 건강한 생활

현대 사회에 접어들면서 청소년들의 건강을 위협하는 여러 가지 질병이 등장하고 있다. 그중에서도 청소년의 비만과 저체중은 가장 흔한 영양 장애이며, 매년 그 비율이 증가하고 있어 사회적인 문제로 다루어지고 있다. 청소년들의 건강 문제를 다루는 전문가들은 이러한 비만과 저체중의 원인을 생활 속의 불균형에서 찾고 있다.




하루 동안 섭취하는 영양분은 증가하는 반면, 활동량의 감소로 영양분의 소비가 줄어 체내에 영양분이 축적되면 비만이 되기 쉽다. 한편 과도한 다이어트를 하거나 끼니를 거르면서 게임에 몰두하게 되면 저체중의 증상이 나타나기 쉽다.

청소년의 비만은 고혈압, 당뇨등 성인병을 유발할 수도 있고, 저체중은 성장 부진, 빈혈, 스트레스에 대한 저항력 감소를 유발할 수 있으므로 건강한 생활을 위해서 적절한 자신의 체중을 유지하기 위해서 노력해야 할 것이다.

**건강을 유지하기 위한 5대 수칙**

1. 아침을 꼭 먹자.
2. 세 끼 식사를 골고루 하고, 음식을 천천히 씹어 먹자.
3. 채소를 많이 먹자.
4. 매주 세 번 이상 운동하자.
5. 텔레비전과 컴퓨터는 필요한 경우에만 시간을 정해서 보자.

**물음** 소아 · 청소년의 비만 예방법 중에서 질량 보존 법칙과 관계있는 것을 고르고, 질량 보존 법칙의 관점에서 설명해 보자.



**참고 자료** 건강의 지표가 되는 체질량 지수

비만도 측정에 자주 사용되는 지표 중에는 체질량 지수라고 하는 BMI가 있다. BMI 지수는 체중(kg)을 신장의 제곱($m^2$)으로 나눈 값으로서, 지방의 양을 추정하는 비만 측정 지수이다. 이 값은 자신의 체중이 건강상의 위험을 초래할지 알아보는 좋은 지표가 된다.

BMI는 각종 질병으로 인한 사망률과 관계가 있는데, BMI가 25 이상이면 체중과다로 인해 건강상 위험률이 증가한다. 그리고 BMI가 26인 경우에는 21인 사람에 비해 당뇨병에 걸릴 가능성이 여성의 경우에는 8배, 남성의 경우에는 4배나 높고, 담석증이나 고혈압이 발생할 확률도 2∼3배나 높아지는 것으로 알려졌다.

아래 표는 2000년 2월 세계 보건 기구 협찬으로 열린 아시아 · 태평양 지역 포럼에서 '동양인은 서양인에 비해 BMI가 낮은 데 비해 체지방율이 높다.'는 점을 지적하면서 제시한 동양인을 위한 새로운 기준이다.

| BMI | 18.5 이하 | 18.6∼22.9 | 23.0∼24.9 | 25.0∼29.9 | 30.0 이상 |
|---|---|---|---|---|---|
| 판정 | 저체중 | 정상 | 과체중 | 비만 | 고도 비만 |

융합 STEAM

## | 관련 지식 |

### ❀ 소아 비만

소아 비만은 소아기에 시작되는 비만을 말하며, 지방 세포의 크기만 커지는 성인 비만과 달리 지방 세포의 수도 증가하게 된다. 또 성장이 빨라서 세포 수가 급격하게 늘어나고, 일단 생긴 지방 세포는 살이 빠져도 줄어들지 않으므로 성인이 된 후 다시 살이 찔 가능성이 높다.

### ❀ 소아 비만의 해결 방법

소아 비만의 치료 방향은 체중 감소뿐만 아니라 적절한 식품 섭취 방법과 운동을 습관화시키는 것이다. 일반적으로 많이 사용하는 방법은 크게 식사 요법과 운동 요법으로 나눌 수 있다. 다음은 운동 요법을 간단히 정리한 것이다.

① 운동을 강요하기보다 아이가 좋아하는 운동을 재미있게 하도록 한다.
② 무릎, 고관절, 발목 등에 무리가 가지 않도록 적당히 해야 한다.
③ 운동의 장점을 기억하게 한다.
④ 날씨에 관계없이 할 수 있는 운동을 계획하여 대비책을 마련한다.
⑤ 혼자 하는 것보다 단체 운동이 효과적이다.
⑥ 계절에 알맞은 운동을 계획한다.

**물음**

질량 보존 법칙의 관점에서 보면 비만은 우리 몸에 들어온 물질의 양보다 배출되는 물질의 양이 적어서 체내에 물질이 축적되는 현상이다. 따라서 비만을 예방하기 위해서는 우리 몸에 들어오고 나가는 물질의 양이 균형을 이루도록 해야 한다. 즉, 음식을 천천히 먹으면 적은 양을 먹고도 포만감을 느낄 수 있고, 배가 고픈 상태가 되기 전에 식사를 하는 것이 좋다(2항). 또한 채소류의 대부분은 체내에 흡수되지 않는 성분이므로 비만 예방에 효과적이다(3항). 그리고 적당한 운동을 통해 영양소를 소비함으로써 우리 몸의 물질 균형을 이룰 수 있다(4항).

# 2-2 일정 성분비 법칙

## 학습 내용 안내

(1) 화합물을 구성하는 원소들의 질량비가 일정하다는 것을 안다.

(2) 일정 성분비 법칙의 정의를 알고, 화학 반응에서 일정 성분비 법칙을 확인한다.

(3) 같은 원소로 이루어진 화합물이라도 질량비가 다르면 서로 다른 물질임을 설명한다.

(4) 일정 성분비 법칙이 화학 반응에서 어떻게 적용되는지 설명한다.

(5) 일정 성분비 법칙이 성립되는 이유를 모형으로 설명한다.

## 학습 전개

조립품의 경우 그 구성 성분의 종류와 수가 일정하므로 질량비도 일정함을 알게 한다.



구리의 산화로 생성되는 산화 구리(Ⅱ)를 이루는 구리와 산소의 질량비가 일정하다는 것을 알게 한다.



일정 성분비 법칙의 정의와 화합물에서 일정 성분비 법칙이 성립함을 알게 한다.



질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액의 반응을 통해 일정 성분비 법칙이 화학 반응에서 어떻게 적용되는지 이해시킨다.

### 찾아보기

- LG 사이언스 랜드 http://www.lg-sl.net
- 카툰 과학(2011), 한재필 저, 어진 교육

---

Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

# 2-2 일정 성분비 법칙



여러 사람이 손을 잡고 둥글게 원을 그리면서 춤을 추다가 사회자가 호각을 불면 행동을 멈추고 2명 또는 3명 등 정해진 수대로 짝을 짓는 게임이 있다. 이때 사회자가 말한 수대로 짝을 짓지 못한 사람은 벌칙을 받는다. 이 게임에서 정해진 수는 화학 반응에서 어떤 의미가 있을까?

**학습 목표**
- 화학 반응에서 일정 성분비 법칙을 설명할 수 있다.
- 일정 성분비 법칙을 모형으로 나타낼 수 있다.

짝을 짓는 게임에서 정해진 수만큼만 짝을 지어야 하는 것처럼 우리 생활 속에서 사용하는 물건들도 거의 모두 일정한 구성품으로 이루어져 있다. 예를 들어 자동차를 조립할 때 자동차에 필요한 많은 부품 중에서 하나라도 없으면 자동차가 완성될 수 없는 것은 자동차를 이루는 부품의 종류와 개수가 정해져 있기 때문이다. 또 같은 종류의 볼펜이 여러 개 있을 때, 그중 하나만 분해해서 그 재료들을 조사하면 다른 볼펜들을 분해하지 않아도 재료의 종류와 개수, 크기, 모양 등에 대해 알 수 있다. 이것은 같은 종류의 물건은 크기와 모양이 같은 재료들을 같은 개수만큼 사용하여 만들기 때문이다. 그리고 물건을 이루는 각 재료들의 질량이 같기 때문에 물건을 이루는 각 재료의 질량 사이에는 항상 일정한 비율이 성립한다.

물건을 이루는 재료들의 질량비가 일정한 것처럼 물질을 이루는 원소 사이에도 질량비가 일정한지 알아보자.



그림 Ⅰ-33 자동차 생산 공장



그림 Ⅰ-34 1개의 볼펜을 이루는 재료

96 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

---

### 효과적인 수업을 위한 Tip

일정 성분비 법칙을 학생들에게 이해시키기 위해서는 모형을 사용하는 것이 효과적이다. 예를 들어 볼펜을 화합물의 모형이라고 가정하면 같은 볼펜의 경우 볼펜을 구성하는 재료들의 질량비가 모두 같으며, 볼펜을 여러 개 모아 놓은 경우도 질량비가 일정하다는 사실을 쉽게 받아들인다. 그러나 분자에서 각 원소의 질량이 일정하다는 것은 모형을 사용하는 경우에 비해 받아들이기 어려워한다. 이것은 학생들이 분자를 상상하여 다루는 것에 익숙하지 않기 때문이다. 따라서 일정 성분비 법칙은 분자 모형을 이용하거나 주변에서 적당한 모형을 찾아 이용하면 효과적으로 설명할 수 있다. 주변에서 모형을 찾는 경우 규격화되어 있는 공산품이 수제품보다 모형으로 더 적당하다.

또한 모형을 사용하기 전에 모형이 갖는 제한점을 미리 설명하고 도입하는 것이 좋다. 학생 중에는 실제 모양과 모형의 차이점을 인식하지 않고 같은 것으로 받아들이는 경우가 있어서 오개념이 생길 수 있기 때문이다.

- 인터넷 포털 사이트에서 자동차의 부품이 모여 전체를 이룬다는 모습을 광고 영상으로 제작해 놓은 것이 있으니 수업 시간에 활용해도 된다. ➡ 검색어: 분해와 완성 광고



## 탐구 활동 　산화 구리(Ⅱ)를 이루는 원소 사이의 질량 관계 　실험

**목표**
구리의 연소 생성물인 산화 구리(Ⅱ)의 성분 원소 사이의 질량비가 일정함을 설명할 수 있다.

**준비물**
구리 가루, 도가니, 전자저울, 유리 막대, 삼발이, 삼각 석쇠, 알코올램프(또는 핫플레이트)

**유의점**
1. 산화 구리(Ⅱ)의 질량: 도가니의 질량을 미리 측정하여 반응 후 전체 질량에서 도가니의 질량을 빼서 구한다.
2. 저어 준 유리 막대에 묻은 산화 구리(Ⅱ)를 잘 털어 준 다음 질량을 측정한다.
3. 가열 후 도가니는 뜨거우므로 화상을 입지 않도록 조심한다.

**탐구 도우미**
구리 가루를 공기 중에서 가열하면 산소와 반응하여 산화 구리(Ⅱ)가 생성된다.
$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$

**과정**
❶ 도가니 4개를 준비하고 여기에 구리 가루를 각각 1.0g, 2.0g, 3.0g, 4.0g씩 넣는다.
❷ 도가니 속 구리 가루를 유리 막대로 저어 주면서 색깔이 모두 변할 때까지 가열한다.
❸ 구리 가루의 색깔이 모두 변하면 가열을 멈추고, 도가니를 충분히 식힌 다음 생성된 물질의 질량을 측정한다.

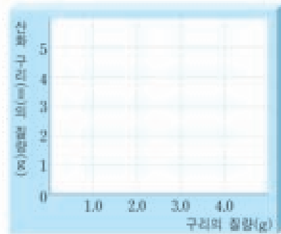




**결과**
1 생성 물질의 질량을 다음 표에 기록해 보자.

| 구리의 질량(g) | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
|---|---|---|---|---|
| 산화 구리(Ⅱ)의 질량(g) | | | | |

2 구리와 산화 구리(Ⅱ)의 질량 관계를 그래프로 나타내어 보자.




**해석**
1 결과 1에서 구리의 질량에 따른 구리와 산소의 질량비를 각각 계산해 보자.
2 산화 구리(Ⅱ)를 구성하는 구리와 산소의 질량 사이의 관계에 대해 설명해 보자.

2. 화학 반응에서의 질량 관계 97



## 탐구 활동 　실험

### 목표

구리의 연소 생성물인 산화 구리(Ⅱ)를 구성하는 구리와 산소 사이의 질량비가 일정함을 설명할 수 있다.

### 원리 설명

1 구리를 공기 중에서 가열하면 산소와 반응하여 산화 구리(Ⅱ)가 된다. 따라서 가열하기 전 구리의 질량과 가열하여 산화 구리(Ⅱ)가 된 후의 질량을 비교하면 구리와 결합한 산소의 질량을 알 수 있다.

2 구리와 결합한 산소의 질량을 이용하여 산화 구리(Ⅱ)를 이루는 구리와 산소의 질량비를 계산할 수 있다. 그리고 이것을 통해 산화 구리(Ⅱ)에서 구리와 산소의 질량비가 일정함을 알 수 있다. 이때 사용한 구리가 모두 반응해야 하므로 가루 상태의 구리를 사용한다.

3 과정 ❶은 가열 전 구리의 질량을 측정하는 과정이다.

4 과정 ❷는 구리를 공기 중의 산소와 반응시키는 과정으로서, 구리를 모두 반응시키기 위하여 유리 막대로 저어 준다.

5 과정 ❸에서 구리는 붉은색이지만 산화 구리(Ⅱ)는 검은색이다. 따라서 색깔로 반응의 종료 여부를 확인할 수 있으며, 질량은 온도와 관계가 없고 도가니를 식히는 것은 안전상의 이유 때문이다.

### 유의점

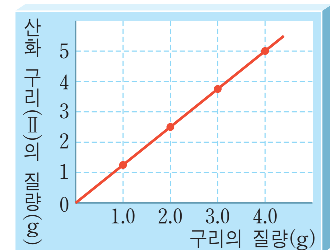
구리는 조각이나 알갱이보다 가루를 사용하는 것이 좋다.

### 결과

1 생성 물질의 질량

| 구리의 질량(g) | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
|---|---|---|---|---|
| 산화 구리(Ⅱ)의 질량(g) | 1.25 | 2.50 | 3.75 | 5.00 |

2 구리와 산화 구리(Ⅱ)의 질량 관계




### 해석

1 구리와 산소의 질량비

| 구리의 질량(g) | 구리와 결합한 산소의 질량(g) | 질량비 (구리 : 산소) |
|---|---|---|
| 1.0 | 0.25 | 4 : 1 |
| 2.0 | 0.50 | 4 : 1 |
| 3.0 | 0.75 | 4 : 1 |
| 4.0 | 1.00 | 4 : 1 |

2 구리의 질량과 관계없이 산화 구리(Ⅱ)를 구성하는 구리와 산소의 질량비는 4 : 1로 일정하다.




### ❀ 몇 가지 화합물에서 성분 원소의 질량비

**(1) 구리의 연소에서의 질량비**

구리 + 산소 ⟶ 산화 구리(Ⅱ)

4 : 1 : 5

**(2) 마그네슘의 연소에서의 질량비**

마그네슘 + 산소 ⟶ 산화 마그네슘

3 : 2 : 5

**(3) 물의 합성에서의 질량비**

수소 + 산소 ⟶ 물

1 : 8 : 9

**(4) 이산화 탄소의 합성에서의 질량비**

탄소 + 산소 ⟶ 이산화 탄소

3 : 8 : 11

**(5) 황화 철의 합성에서의 질량비**

철 + 황 ⟶ 황화 철

7 : 4 : 11

### ❀ 배수 비례 법칙

**(1) 배수 비례 법칙** 두 종류의 원소가 화합하여 두 가지 이상의 화합물을 만들 때, 화합물의 한 원소와 화합하는 다른 원소의 질량 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 법칙이다.

**(2) 배수 비례 법칙의 예** 일산화 탄소(CO)와 이산화 탄소($CO_2$)에서 탄소와 산소의 질량비를 바탕으로 탄소 1 g에 결합한 산소의 질량을 구하면 아래 표와 같다.

| 화합물 | CO | $CO_2$ |
|---|---|---|
| 탄소의 질량 백분율(%) | 42.88 | 27.29 |
| 산소의 질량 백분율(%) | 57.12 | 72.71 |
| 탄소 1 g에 결합한 산소의 질량(g) | 1.332 | 2.664 |

위 표로 보아 탄소 1 g에 결합한 산소의 질량 사이에는 간단한 정수비(일산화 탄소 : 이산화 탄소=1.332 : 2.664=1 : 2)가 성립한다. 따라서 일산화 탄소와 이산화 탄소는 배수 비례 법칙이 성립한다.

철이 공기 중의 산소와 반응하여 생성된 산화 철(Ⅲ)의 질량과 반응한 철의 질량을 통해 철과 산소 사이의 질량비를 계산해 보면 항상 일정한 것을 알 수 있다.

❸ 표 Ⅰ-2 산화 철(Ⅲ)을 구성하는 철과 산소의 질량 관계

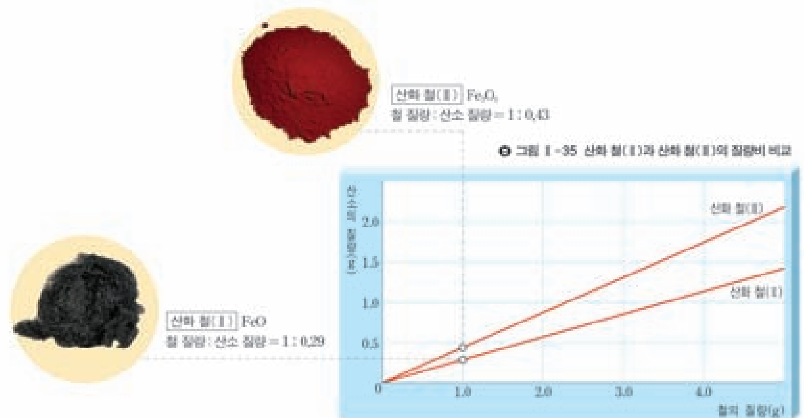
| 철의 질량(g) | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 |
|---|---|---|---|---|---|
| 산화 철(Ⅲ)의 질량(g) | 1.43 | 2.86 | 4.28 | 5.71 | 7.15 |
| 철과 결합한 산소의 질량(g) | 0.43 | 0.86 | 1.28 | 1.71 | 2.15 |
| 철의 질량 / 산소의 질량 | 2.33 | 2.33 | 2.34 | 2.34 | 2.33 |

산화 철(Ⅲ)이 생성될 때 철의 질량이 2배, 3배, 4배, …로 증가하면 철과 결합하는 산소의 질량도 2배, 3배, 4배, …로 증가하므로, 산화 철(Ⅲ)에 포함된 철과 산소의 질량비는 항상 일정하다.

1799년 프랑스의 화학자 프루스트는 인공적으로 만든 탄산 구리와 자연에서 발견되는 탄산 구리를 정확하게 분석하여 두 탄산 구리의 조성이 같음을 확인하였다. 이와 같이 화합물을 구성하는 모든 원소의 질량비가 일정한 것을 **일정 성분비 법칙**이라고 한다. 그 후 스웨덴의 베르셀리우스는 몇 백 개의 화합물을 분석하여 오차 1 % 이하라는 당시에는 매우 정밀한 값으로 이 법칙을 증명하였다.

일정 성분비 법칙에 의하면, 같은 원소로 이루어진 화합물이라도 질량비가 다르면 서로 다른 화합물이다. 예를 들어 산화 철(Ⅱ)과 산화 철(Ⅲ)은 구성 원소의 질량비가 다르므로 서로 다른 물질이다.

**같은 원소로 구성된 서로 다른 화합물** 철과 염소의 화합물인 염화 철(Ⅱ)($FeCl_2$)과 염화 철(Ⅲ)($FeCl_3$), 주석과 염소의 화합물인 염화 주석(Ⅱ)($SnCl_2$)과 염화 주석(Ⅳ)($SnCl_4$) 등이 있다.




❸ 그림 Ⅰ-35 산화 철(Ⅱ)과 산화 철(Ⅲ)의 질량비 비교

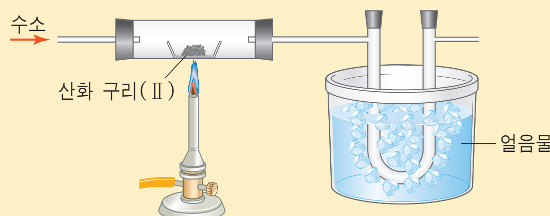
98 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

## 심화 학습 물을 이루는 수소와 산소의 질량비 측정

그림과 같이 장치하여 산화 구리(Ⅱ)와 수소 기체를 반응시키면 물을 이루는 수소와 산소의 질량비를 측정할 수 있다.

[반응식] $H_2 + CuO \longrightarrow Cu + H_2O$

[실험 장치]




먼저 산화 구리(Ⅱ)의 질량($W_{CuO}$)을 측정한 다음, 가열하면서 산화 구리(Ⅱ)와 수소 기체를 반응시킨 후 생성된 구리의 질량($W_{Cu}$)과 물의 질량($W_{H_2O}$)을 측정한다. 이때 감소한 산화 구리(Ⅱ)의 질량은 생성된 물에 포함된 산소의 질량과 같다. 따라서 다음과 같이 물을 구성하는 수소와 산소의 질량비를 계산할 수 있다.

수소의 질량 : 산소의 질량 = $(W_{H_2O} - (W_{CuO} - W_{Cu})) : (W_{CuO} - W_{Cu})$

질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액을 섞으면 납 이온과 아이오딘화 이온이 결합하여 물에 녹지 않는 노란색의 아이오딘화 납이 생성된다. 일정량의 질산 납 수용액에 아이오딘화 칼륨 수용액을 조금씩 가하면 아이오딘화 칼륨 수용액의 부피가 증가함에 따라 앙금의 높이가 증가하다가 얼마 후에는 일정해진다. 이것은 아이오딘화 이온과 결합하는 납 이온의 수가 일정하기 때문이며, 납 이온이 더 이상 존재하지 않으면 아이오딘화 칼륨 수용액을 계속 가해도 앙금은 더 이상 생성되지 않는다.




⊙ 그림 Ⅱ-36 아이오딘화 칼륨 수용액의 부피에 따라 생성되는 앙금의 높이

두 수용액의 반응에 의해 생성되는 노란색의 아이오딘화 납은 납 이온과 아이오딘화 이온의 수가 1 : 2의 비율로 이루어진다. 이와 같이 화합물을 구성하는 원자들의 비율이 일정하기 때문에 정해진 비율만큼만 반응하고 나머지 원자들은 그대로 남는다. 따라서 임의의 비율로 섞여 있는 물질들을 반응시킬 때, 어느 한 물질이 모두 반응하여 없어지면 다른 물질은 반응하지 못하고 남게 된다.




잠깐 체크 물을 이루는 수소와 산소의 질량비는 1 : 8이다. 2 g의 수소를 충분한 양의 산소 속에서 연소시켰을 때 생성되는 물의 질량은 몇 g인가?

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 개념 응용하기 |
| --- | --- |
| 일정 성분비 법칙에 대해 설명해 보자. | 천연 DHA와 화학적으로 합성한 DHA를 일정 성분비 법칙의 관점에서 비교해 보자. |

2. 화학 반응에서의 질량 관계 99

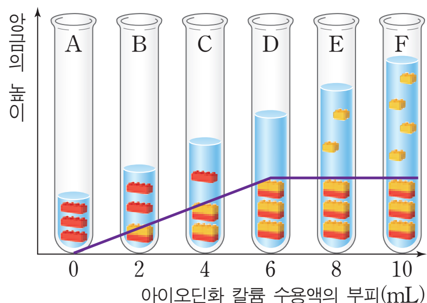
## 과학 돋보기

### ❀ 질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액의 모형

(1) **반응 모형** 납 원자와 아이오딘 원자가 1 : 2의 개수비로 결합하여 아이오딘화 납이 생성된다.




(2) **실험 모형**




| 시험관 | 결과 |
| --- | --- |
| A, B, C | 납 성분이 남는다. |
| D | 납 성분과 아이오딘 성분이 1 : 2의 개수비로 존재하므로 모두 반응한다. |
| E, F | 아이오딘 성분이 남는다. |

## 과학 돋보기



### ❀ 질산 납 수용액과 아이오딘화 칼륨 수용액의 반응

일정량(6 mL)의 질산 납 수용액에 아이오딘화 칼륨 수용액을 조금씩 가하면 생성되는 아이오딘화 납 앙금의 높이가 증가하다가 아이오딘화 칼륨 수용액을 6 mL 넣은 이후부터는 앙금의 높이가 더 이상 증가하지 않는다. 이것은 혼합 용액 속에 아이오딘화 칼륨과 반응할 수 있는 질산 납이 더 이상 존재하지 않기 때문이다. 이와 같이 일정한 양의 질산 납 수용액과 반응할 수 있는 아이오딘화 칼륨 수용액의 양은 정해져 있는데, 농도가 같은 경우에는 두 수용액이 1 : 1의 부피비로 반응한다. 이때 일정한 부피 속에 들어 있는 질산 납과 아이오딘화 칼륨의 양이 일정하므로 아이오딘화 납을 이루고 있는 성분 물질 사이에는 일정한 질량비가 성립한다.

### 잠깐 체크

수소와 산소의 질량비가 1 : 8이므로 수소 2 g과 결합하는 산소의 질량($x$)은 $1:8=2:x$에서 $x=16$ g이다. 질량 보존 법칙에 따라 2 g의 수소와 16 g의 산소로 이루어진 물의 질량은 18 g이다.

[다른 풀이] 수소와 산소의 질량비가 1 : 8이므로 물 $a$ g 속의 수소의 질량은 $\left(a\times\frac{1}{9}\right)$g이다. 따라서 수소 2 g을 포함한 물의 질량($x$)은 $x\times\frac{1}{9}=2$에서 $x=18$ g이다.

### 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

화합물을 구성하는 모든 원소의 질량비는 일정하다는 것으로, 1799년 프루스트가 발표하였다.

▶ **개념 응용하기**

천연 DHA와 합성한 DHA는 화학적으로 같은 물질이다. 따라서 천연 DHA와 합성한 DHA를 구성하는 원소의 종류와 질량비가 일정하다.

# 2-3 화학 반응식

**| 학습 내용 안내 |**

(1) 화학 반응식의 정의와 화학 반응식을 나타내는 방법을 안다.
(2) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낸다.
(3) 화학 반응식에서 계수가 나타내는 의미를 이해한다.
(4) 아보가드로 법칙과 기체 반응 법칙을 이해하고, 이것을 화학 반응식으로 설명한다.

**| 학습 전개 |**

화학 반응식의 필요성을 인식하게 한다.



암모니아 생성 반응을 이용하여 화학 반응식을 나타내는 방법을 이해하게 한다.



화학 반응식의 계수를 맞추는 원리를 이해하게 한다.



메테인, 프로페인, 뷰테인의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내도록 지도한다.



화학 반응식의 계수비가 나타내는 의미를 알게 한다.



아보가드로 법칙과 기체 반응 법칙을 이해하고, 이것을 화학 반응식으로 설명할 수 있게 한다.






요즘은 통신 기술이 발달하면서 지구촌이라는 말이 실감나는 시대이다. 그러나 서로 다른 언어를 사용하기 때문에 의사소통을 하는 데 어려움이 있다. 서로의 언어를 익히면 원활한 의사소통을 할 수 있지만, 언어 습득은 많은 시간과 노력이 필요하기 때문에 같은 분야를 연구하는 사람들은 간단한 기호와 형식을 이용하여 그 뜻을 쉽게 전달하기도 한다.

그렇다면 화학 반응을 나타낼 때에는 어떤 기호와 식을 이용할까?

**학습 목표**
- 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.
- 화학 반응식에서 계수가 나타내는 의미를 설명할 수 있다.

큰 건물이나 도로, 지하철 등에서 볼 수 있는 각종 표지판들은 사람들에게 필요한 내용을 간단한 기호로 표시해 주고 있다. 일상생활 외에도 같은 학문 안에서는 약속된 다양한 기호를 사용한다. 대표적인 예로 과학의 원소 기호나 수학에서 사용하는 수식과 그래프가 있다. 원소 기호를 이용하여 우리 주변에서 일어나는 화학 변화를 간단한 식으로 나타낼 수 있는데, 이를 **화학 반응식**이라고 한다.

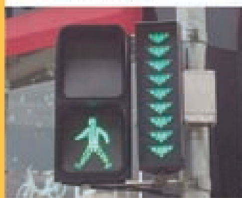


그림 Ⅰ-37 신호등




그림 Ⅰ-38 지하철의 안내 표지판



**효과적인 수업을 위한 Tip**

도입 부분은 국제 회의에 참석한 사람들이 서로 다른 언어를 사용하지만 기호를 사용함으로써 내용을 이해하는 것이 가능하다는 것을 나타낸다. 학생들에게 실제 우리 생활에서 기호가 사용되는 예를 제시하고 그 편리성에 대해 설명함으로써 화학에서 기호 사용이 필요함을 인식시킨다. 특히 우리가 사용하는 기호의 대표적인 예로는 문자를 들 수 있으며, 기호를 바르게 사용하기 위해서는 규칙에 따라야 한다는 것을 설명한다.

**| 관련 지식 |**

❀ **국제 순수·응용 화학 연합**(IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry)

IUPAC은 순수 화학 및 응용 화학의 발전에 기여하기 위해 1919년에 설립된 화학자들의 국제 학술 기관이다. 각국의 화학학회가 회원으로 소속되어 있으며, 우리나라의 대한화학회도 소속되어 있다. 국제 학술 회의를 구성하는 조직의 하나로서, 원소명과 화합물의 명명에 대한 국제 표준(IUPAC 명명법)을 제정하며 우리나라도 이것을 받아들여 사용하고 있다.

**찾아보기**
- 한국 가스 안전 공사
  http://www.kgs.or.kr
- 세상에서 가장 재미있는 화학(2005), 크레이그 크리들 저, 궁리

## 화학 반응식을 나타내는 방법

화학 변화를 화학 반응식으로 나타내기 위해서는 정해진 약속에 따라야 한다. 수소가 질소와 반응하여 암모니아가 생성되는 경우를 화학 반응식으로 나타내는 방법을 알아보자.

| 단계 | 방법 | 예시 |
|---|---|---|
| 1단계 | 화살표를 쓴 다음 화살표가 시작되는 쪽에 반응 물질을 쓰고, 화살표가 향하는 쪽에 생성 물질을 쓴다. | 수소 질소 → 암모니아 |
| 2단계 | 반응 물질이나 생성 물질이 두 종류 이상이면 + 기호로 연결한다. | 수소 + 질소 → 암모니아 |
| 3단계 | 각 물질을 화학식으로 나타낸다. | $H_2 + N_2 \rightarrow NH_3$ |
| 4단계 | 반응 물질과 생성 물질의 원자의 종류와 개수가 같도록 계수를 맞춘다. (계수 1은 생략) | $3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$ |
| 5단계 | 각 물질의 상태를 괄호 안에 나타낸다. | $3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ |

4단계에서 계수를 맞출 때에는 임의의 한 물질의 계수를 1로 정하여 맞춘다. 수소와 질소의 반응에서 $N_2$의 계수를 1이라고 했을 때 반응 물질에서 질소 원자가 2개이므로 생성 물질에서 질소 원자가 2개가 되기 위해서는 $NH_3$의 계수가 2가 되어야 한다. 이때 생성 물질에서 수소 원자가 6개가 되므로 반응 물질에서 수소 원자가 6개가 되기 위해서는 $H_2$의 계수가 3이 되어야 한다.

화학 반응식의 계수는 일반적으로 가장 간단한 정수비로 나타낸다. 수소와 질소의 반응에서 수소, 질소, 암모니아의 계수가 각각 3, 1, 2로 그 비율이 가장 간단한 정수비이므로 이 값이 각 물질의 계수가 된다.

5단계에서 물질의 상태는 화학 반응이 일어나는 온도와 압력에서의 상태를 나타낸다. 기체는 $g$, 액체는 $l$, 고체는 $s$로 나타내며, 수용액의 경우에는 $aq$로 나타낸다.

이 밖에 가정이나 자동차의 연료로 사용되는 물질들의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내어 보자.

물질의 상태를 나타내는 기호
- 기체: $g$(gas)
- 액체: $l$(liquid)
- 고체: $s$(solid)
- 수용액: $aq$(aqueous)

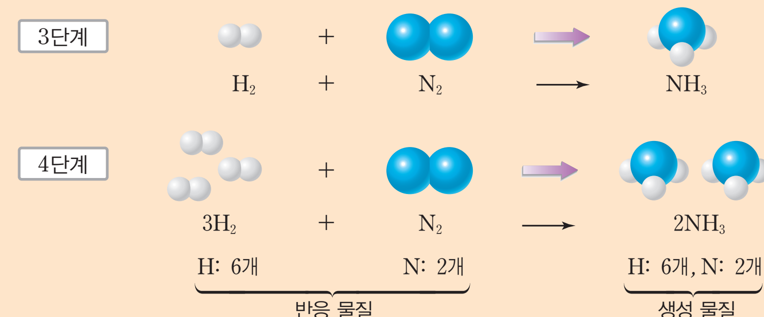
암모니아의 생성 반응에서 $N_2$의 계수를 1이라고 했을 때, 질소 원자의 개수를 맞추기 위해 생성 물질을 $N_2H_6$로 나타내지 않고 $2NH_3$로 나타내는 이유는 무엇인가?

2. 화학 반응에서의 질량 관계 101

## 효과적인 수업을 위한 Tip

화학 반응식의 계수를 설명할 때 모형을 사용하면 학생들이 보다 쉽게 이해할 수 있다. 원자 수를 계산하는 것을 어려워하는 학생들이 의외로 많은데, 이러한 학생들을 위해서 모형을 사용하는 것도 하나의 방법이다.

특히 교과서에 주어진 화학 반응식을 나타내는 방법의 3단계와 4단계에서 모형을 사용하는 것이 적합하다. 수소와 질소가 반응하여 암모니아가 생성되는 경우에서 3단계와 4단계를 모형으로 나타내면 다음과 같다.

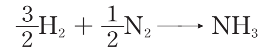






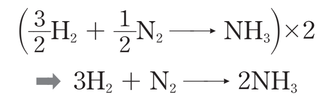
### 화학 반응식의 계수를 맞추는 방법

가장 많은 종류의 원소가 포함된 복잡한 분자의 계수를 일단 1로 정한 후, 반응식 양쪽에 있는 물질의 원자 수가 같아지도록 화학식 앞의 계수를 맞추는 것이 좋다. 교과서의 반응식에서 $NH_3$의 계수를 1로 정하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.



$$\frac{3}{2}H_2 + \frac{1}{2}N_2 \longrightarrow NH_3$$

그리고 분수 형태를 없애기 위해 분모들의 최소 공배수를 반응식의 모든 계수에 곱한다.



$$\left(\frac{3}{2}H_2 + \frac{1}{2}N_2 \longrightarrow NH_3\right) \times 2$$

$$\Rightarrow 3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$



### 화학 반응식으로 나타낼 때의 장점

화학 변화를 기호로 나타내면 전달하려고 하는 내용을 간단하게 나타낼 수 있다는 장점이 있다.

수소와 질소에 의해 암모니아가 생성되는 반응의 경우 글로 표현하면, “기체 상태의 수소 3분자와 기체 상태의 질소 1분자가 반응하여 기체 상태의 암모니아 2분자가 생성된다.”로 나타낼 수 있다. 그러나 이 표현으로는 수소 분자와 질소 분자는 각각 2개의 수소 원자와 2개의 질소 원자로 이루어졌다는 사실과 암모니아 1분자는 1개의 질소 원자와 3개의 수소 원자로 이루어졌다는 사실은 설명하지 못한다. 그러나 이 반응을 화학 반응식 $3H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$으로 나타내면 위의 모든 내용을 포함한다.

### 잠깐 체크

질소와 수소가 반응하여 생성되는 물질은 암모니아($NH_3$)이다. 이 반응에서 $NH_3$를 $N_2H_6$로 나타내면 생성 물질 자체가 변하게 되므로 옳지 않다. 화학 반응식에서 계수를 맞출 때에는 물질의 성분 원소의 개수로 맞추는 것이 아니라, 분자의 개수로 맞추어야 한다.

## 탐구 활동 실험

**| 목표 |**

메테인, 프로페인, 뷰테인의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.

**| 원리 설명 |**

1 메테인($CH_4$)의 연소 반응은 산소와 반응하는 것이고, 연소 생성물은 이산화 탄소와 물이다. 반응 전과 후의 원소의 종류와 수가 같도록 계수를 맞춘다.

2 프로페인의 화학식은 $C_3H_8$이고, 뷰테인의 화학식은 $C_4H_{10}$이다. 이 물질들의 연소 생성물도 모두 이산화 탄소와 물이므로 화학 반응식의 계수를 맞출 수 있다.

3 화학 반응식의 계수는 반응 물질과 생성 물질의 분자 수의 비를 의미한다.

**| 유의점 |**

1 화학 반응식에서 물질의 상태는 반응이 일어나는 온도와 압력에서의 상태를 나타낸다. 상온에서 메테인, 프로페인, 뷰테인은 모두 기체이며, 산소, 이산화 탄소도 기체이다. 그러나 물은 같은 조건에서 액체 상태이므로 각 물질의 상태를 나타낼 때 유의한다.

2 화학 반응식의 계수는 분자 수의 비를 나타내므로 무조건 가장 간단한 정수비로 나타내어야만 하는 것은 아니다. 다만 특별한 목적이 있는 경우가 아니라면 편의상 가장 간단한 정수비를 계수로 사용한다.

3 연료의 연소와 환경 오염의 관계를 생각해 보게 하여 창의·인성을 키울 수 있게 한다.

**| 관련 지식 |**

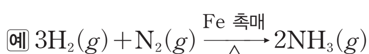
화학 반응식을 나타낼 때 다음과 같은 기호를 추가로 사용할 수도 있다.

① 앙금이 생성되는 경우: ↓

② 기체가 발생하는 경우: ↑

③ 가열하는 반응: 화학 반응식의 화살표(⟶) 아래에 △ 표시

④ 촉매 : 화학 반응식의 화살표(⟶) 위에 촉매의 종류 표시



예 $3H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow[\triangle]{\text{Fe 촉매}} 2NH_3(g)$

---

탐구 활동 | 여러 가지 연료의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내기 | 실험

목표

메테인, 프로페인, 뷰테인의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.

준비물

공책, 필기도구

과정

집에서 난방이나 조리를 할 때 또는 자동차의 연료로 액화 천연 가스(LNG)나 액화 석유 가스(LPG)를 많이 사용한다. 메테인($CH_4$)이 주성분인 LNG와 프로페인($C_3H_8$)과 뷰테인($C_4H_{10}$)이 주성분인 LPG는 모두 탄소와 수소로 이루어져 있다. 따라서 이들 연료를 연소시키면 모두 물($H_2O$)과 이산화 탄소($CO_2$)가 생성된다.

이 세 가지 물질의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내어 보고, 차이점을 알아보자.




⊙ 가스레인지 ⊙ 자동차의 가스 충전기

1 메테인($CH_4$)의 연소 반응

❶ 반응 물질과 생성 물질을 화살표와 + 기호를 이용하여 나타낸다.

❷ 반응 물질과 생성 물질을 화학식으로 나타낸다.

❸ 반응 물질과 생성 물질의 원자의 종류와 개수가 같도록 계수를 맞춘다.

❹ 각 물질의 상태를 나타낸다.

2 프로페인($C_3H_8$)과 뷰테인($C_4H_{10}$)의 연소 반응

메테인의 연소 반응과 같은 방법으로 프로페인과 뷰테인의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내어 본다.

102 I. 화학 반응에서의 규칙성

---

**| 결과 |**

| 물질 | 화학 반응식 |
|---|---|
| 메테인 | $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$ |
| 프로페인 | $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$ |
| 뷰테인 | $2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(l)$ |

**| 해석 |** 창의 · 인성

1 각 분자 N개가 연소할 때 필요한 산소 분자 수, 생성되는 이산화 탄소 및 물 분자 수

| 구분 | 산소 분자 수 | 이산화 탄소 분자 수 | 물 분자 수 |
|---|---|---|---|
| 메테인 | 2N | N | 2N |
| 프로페인 | 5N | 3N | 4N |
| 뷰테인 | $\frac{13}{2}$N | 4N | 5N |

2 연소시켰을 때 생성되는 물질 중 환경 오염 물질은 이산화 탄소이므로 같은 수의 분자를 연소시켰을 때 환경 오염이 가장 적은 연료는 이산화 탄소가 가장 적게 생성되는 메테인이다.

결과

메테인, 프로페인, 뷰테인의 연소 반응에 대한 화학 반응식을 정리해 보자.

| 물질 | 화학 반응식 |
|---|---|
| 메테인 | |
| 프로페인 | |
| 뷰테인 | |

해석 창의 · 인성

1 메테인, 프로페인, 뷰테인 분자 N개가 연소할 때, 필요한 산소 분자 수와 생성되는 이산화 탄소 및 물 분자 수를 비교해 보자.

| 구분 | 산소 분자 수 | 이산화 탄소 분자 수 | 물 분자 수 |
|---|---|---|---|
| 메테인 | | | |
| 프로페인 | | | |
| 뷰테인 | | | |

2 같은 분자 수만큼 연소시켰을 때 환경 오염이 가장 적은 연료는 무엇인지 토의해 보자.

화학 반응식을 통해 반응 물질과 생성 물질의 종류를 알 수 있으며, 질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙이 성립하는 이유도 설명할 수 있다. 또 화학 반응식의 계수를 이용하면 반응 물질과 생성 물질의 양과 관련된 더 많은 정보를 얻을 수 있다.

**과학 자료실** 화학 반응식의 계수 맞추기

1 수소와 산소가 반응하여 물이 생성되는 화학 반응식에서 각 화학식에 임의의 계수 $x$, $y$, $z$를 붙인다.

$xH_2 + yO_2 \longrightarrow zH_2O$

2 반응 전과 후에 수소 원자와 산소 원자 수가 같아야 하므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

- 수소 원자의 수: $2x=2z$
- 산소 원자의 수: $2y=z$
- 수소 원자의 수에서 $x : z=1 : 1$이고, 산소 원자의 수에서 $y : z=1 : 2$이다.

➡ 이들 관계로부터 $x : y : z=2 : 1 : 2$이다.

3 화학 반응식에 계수를 붙인다.

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

4 각 물질의 상태를 표시하여 화학 반응식을 완성한다.

$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$



2. 화학 반응에서의 질량 관계 103

## 학습 자료실

### ❀ 화학 반응식과 열화학 반응식

**(1) 화학 반응식에서 화살표의 의미** 화학 반응식에서 화살표는 방향의 의미와 등호의 의미를 모두 갖는다.

① **방향**: 화살표가 나타내는 방향성으로 반응 물질과 생성 물질을 구별한다. 즉, 화살표의 왼쪽이 반응 물질이고, 화살표의 오른쪽이 생성 물질이다.

② **등호**: 반응 물질과 생성 물질은 원자의 종류, 원자의 개수, 전하량, 에너지가 같다는 것을 의미한다.

**(2) 화학 반응식과 열화학 반응식** 반응 물질과 생성 물질의 원자의 종류와 개수, 전하량만 같도록 나타낸 것을 화학 반응식이라고 하고, 에너지까지 같도록 나타낸 것을 열화학 반응식이라고 한다.

메테인의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$이고, 열화학 반응식으로 나타내면 $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 889\ kJ$이다. 여기에서 889 kJ은 $CH_4$ 1몰($6.022\times10^{23}$개의 분자)이 완전 연소하면 889 kJ의 에너지가 방출된다는 의미이다.

## 과학 돋보기



### ❀ 메테인, 프로페인, 뷰테인의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내는 과정

**(1) 메테인** ① 메테인 + 산소 ⟶ 이산화 탄소 + 물



② $CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$



③ $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$



④ $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

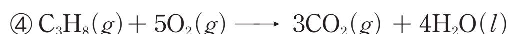
**(2) 프로페인** ① 프로페인 + 산소 ⟶ 이산화 탄소 + 물



② $C_3H_8 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

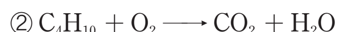


③ $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

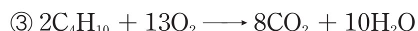


④ $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$

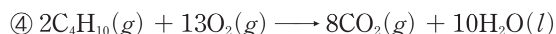
**(3) 뷰테인** ① 뷰테인 + 산소 ⟶ 이산화 탄소 + 물



② $C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$



③ $2C_4H_{10} + 13O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 10H_2O$



④ $2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(l)$

### ❀ 미정 계수법을 이용한 연소 반응의 계수 맞추기

**(1) 메테인**



① $aCH_4(g) + bO_2(g) \longrightarrow xCO_2(g) + yH_2O(l)$

② • 수소 원자의 수 : $4a=2y$ • 탄소 원자의 수 : $a=x$

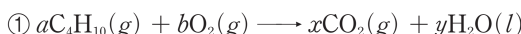
• 산소 원자의 수 : $2b=2x+y$

➡ $a : b : x : y = 1 : 2 : 1 : 2$



③ $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

**(2) 뷰테인**



① $aC_4H_{10}(g) + bO_2(g) \longrightarrow xCO_2(g) + yH_2O(l)$

② • 수소 원자의 수 : $10a=2y$ • 탄소 원자의 수 : $4a=x$

• 산소 원자의 수 : $2b=2x+y$

$a=1$이라고 하고 방정식을 풀면 $x=4$, $y=5$, $b=\frac{13}{2}$이 된다. 따라서 각각 2를 곱하면 $a : b : x : y = 2 : 13 : 8 : 10$이다.



③ $2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(l)$





### ❀ 화학 반응식

**(1) 물리 변화와 화학 반응식** 화학 반응식은 일반적으로 화학 변화를 나타내기 위해 사용하지만 물질의 상태를 표시하기 때문에 상태 변화와 같은 물리 변화를 나타낼 수도 있다. 예를 들어 얼음이 물이 되는 변화를 화학 반응식의 형태를 빌려 나타내면 $H_2O(s) \longrightarrow H_2O(l)$이다.

**(2) 화학 반응식과 질량 보존 법칙** 화학 반응식에 의하면 화학 반응은 원자들의 조합이 바뀔 뿐이고, 원자의 종류와 개수는 변하지 않으므로 질량이 보존된다.

**(3) 화학 반응식과 일정 성분비 법칙** 화학 반응식의 계수와 반응 물질과 생성 물질의 상대적 질량비로부터 반응 물질과 생성 물질의 질량비를 알 수 있다. 수소와 질소가 반응하여 암모니아가 생성되는 반응에서 암모니아 17 g을 이루는 수소는 3 g이고, 질소는 14 g이다. 따라서 암모니아를 이루는 수소와 질소의 질량비는 3 : 14임을 알 수 있다.

**(4) 화학 반응식으로 알 수 있는 것**

① 반응 물질과 생성 물질의 종류

② 반응 물질과 생성 물질을 이루는 원자, 분자의 종류와 수

③ 반응 물질과 생성 물질의 질량 관계

④ 기체 반응에서 부피 관계 ➡ 계수비 = 부피비 = 분자 수의 비

스스로 해결하기
화학 반응식에서 반응 전과 후의 원자의 개수가 같으므로 (          ) 법칙이 성립함을 알 수 있다.

#### 화학 반응식에서 계수의 의미

화학 반응 전후에 물질을 구성하는 원자 수가 변하지 않으므로 전체 질량은 보존된다. 예를 들어 수소와 질소가 반응하여 암모니아가 생성되는 화학 반응식을 살펴보면 반응 전후 수소 원자의 개수가 6개로 같고, 질소 원자의 개수는 2개로 같다. 즉, 화학 반응 전과 후의 원자의 종류와 개수가 변하지 않으므로 질량이 보존된다.

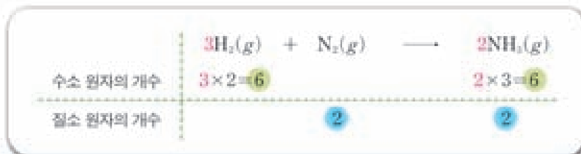



그림 Ⅰ-39 반응 물질과 생성 물질을 구성하는 원자의 개수 비교

또 각 원자들의 질량비와 화학 반응식의 계수를 이용하면 반응 물질과 생성 물질 사이의 질량비를 알 수 있다. 위의 반응식에서 수소 원자와 질소 원자의 질량비가 1 : 14인 것을 이용하면 화학 반응식의 계수로부터 수소 : 질소 : 암모니아 = 3 : 14 : 17의 질량비로 반응함을 알 수 있다. 즉, 3 g의 수소가 반응하는 데 14 g의 질소가 필요하며, 이때 17 g의 암모니아가 생성된다.

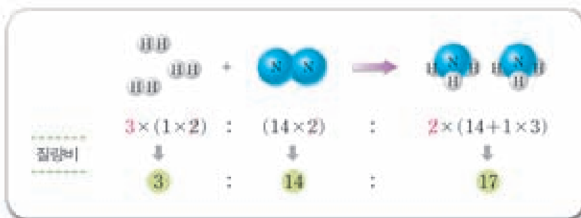



그림 Ⅰ-40 반응 물질과 생성 물질의 질량비

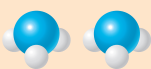
한편, 화학 반응식의 계수는 반응하는 분자 수와 생성되는 분자 수의 비를 나타낸다. 따라서 계수비를 이용하면 반응 물질과 생성 물질 사이의 양적 관계를 알 수 있다.

예를 들어 메테인의 연소 반응에서 메테인과 산소의 분자 수를 달리하여 반응시키면 생성되는 이산화 탄소와 물 분자 수, 그리고 반응하지 않고 남는 분자 수가 달라진다.

104 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

### 효과적인 수업을 위한 Tip

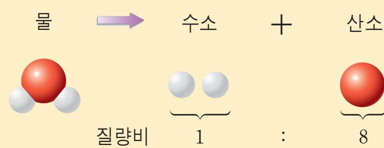
원자 수를 계산할 때는 모형을 이용하여 원리를 이해시키면 쉽게 접근할 수 있다. $2NH_3$로 나타냈을 때 질소와 수소



원자 수는 질소는 2개, 수소는 6개이다. 따라서 화학식이 $nM_aX_b$인 경우 원자 M은 $(n \times a)$개, 원자 X는 $(n \times b)$개이다.

### 심화 학습 원자의 상대적 질량 측정

초기에 원자의 상대적 질량은 일정 성분비 법칙과 분자의 화학식을 이용하여 측정하였다. 물의 경우 물을 이루는 수소와 산소의 질량비는 1 : 8이고, 물의 화학식은 $H_2O$이다. 따라서 수소 : 산소 = (수소 1개의 질량 × 2) : (산소 1개의 질량) = 1 : 8이므로 수소 1개의 질량 : 산소 1개의 질량 = 1 : 16임을 알 수 있다.

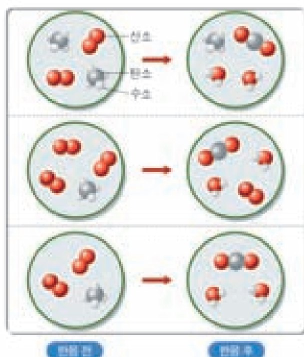



이와 같은 방법으로 원자의 상대적 질량을 계산할 수 있었으며, 그 결과는 수소 원자의 질량을 1로 정한 상댓값으로 나타내다가 산소 원자의 질량을 16으로 정한 상댓값으로 바뀌었고, 현재는 탄소 원자의 질량을 12로 정한 상댓값을 사용한다. 그런데 이 방법의 경우 화합물의 분자식이 잘못 알려져 있어 원자들의 상대적 질량이 잘못 계산되기도 하였다. 물의 경우 지금은 분자식을 $H_2O$로 알고 있지만 초기에는 HO로 잘못 알고 있었다. 따라서 처음에는 수소 1개와 산소 1개의 질량비가 1 : 8이라고 알려졌으나 물의 분자식이 $H_2O$로 알려지면서 두 원자의 상대적 원자량도 옳게 수정되었다.

그림 Ⅱ-41의 첫 번째 반응 모형에서는 반응 전 메테인과 산소가 각각 2분자씩 있지만, 메테인과 산소는 1 : 2의 분자 수의 비로 반응하므로 메테인 1분자가 반응하지 않고 남아 있다.

두 번째 반응 모형에서는 메테인 1분자와 산소 2분자가 반응하여 산소 1분자가 그대로 남아 있다.

세 번째 반응 모형에서는 메테인 1분자와 산소 2분자가 모두 반응하여 반응하지 않고 남아 있는 분자가 없다.



❶ 그림 Ⅱ-41 메테인의 연소 모형

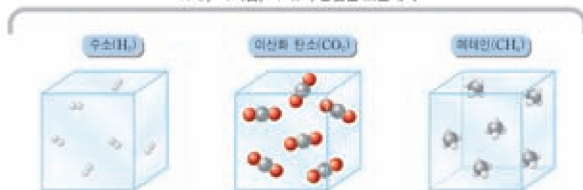


$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

즉, 화학 반응에서 반응하는 **분자 수의 비**는 항상 일정하며, 화학 반응식의 계수비와 같다.

화학 반응식의 계수로 기체 물질의 부피 관계도 알 수 있다.

1811년 아보가드로는 온도와 압력이 같을 때, 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 존재한다는 아보가드로 가설을 발표하였으며, 이를 **아보가드로 법칙**이라고도 한다.



❶ 그림 Ⅱ-42 아보가드로 가설의 적용 모형_ 기체의 종류는 다르지만 분자 수가 모두 동일하다.

**인터넷 과학 세상**
과학자 아보가드로의 업적과 아보가드로 법칙이 인정받게 된 과정을 조사해 보자.
검색 아보가드로

2. 화학 반응에서의 질량 관계 105

**+참고 자료** 아보가드로 법칙

아보가드로는 1776년 이탈리아의 토리노에서 한 관리의 아들로 태어났다. 처음에는 법률을 공부하여 변호사가 되었으나 24세에 변호사를 그만 두고, 다시 물리와 수학을 공부하여 토리노 대학에서 물리학 교수로 재직하였다. 그는 1811년 잡지에 아보가드로 가설을 발표하였는데, 이때 처음으로 기체의 부피를 결정하는 물리적 단위로서 '전체 분자' 와 화합물의 조성을 결정하는 화학적 단위로서 '원소 분자' 를 명확하게 구별하였다. '전체 분자' 와 '원소 분자' 는 각각 현재의 분자와 원자이다. 아보가드로는 화학 분야 외에도 전기, 비열, 통계, 도량형, 기체 관측 등의 물리학 분야에도 많은 업적을 남겼다.

아보가드로는 토리노 대학에서 18년간 재직하다가 은퇴하였으며, 토리노에서 세상을 떠났다. 토리노에는 아보가드로를 기념하기 위하여 동상이 세워져 있으며, 아보가드로 가라는 마을이 있다. 아보가드로 가설은 현대 화학의 이론 체계를 세우는 근본을 확고히 할 만큼 중요하고, 돌턴의 원자설의 결함을 충분히 설명하고 있었지만 그 당시에는 인정을 받지 못했다. 결국 아보가드로가 사망한 후 이탈리아의 과학자 칸니차로에 의해 증명되어 아보가드로 법칙으로 인정받게 되었다.

**과학 돋보기**



### ❀ 한계 반응물

반응 물질이 임의로 섞여 있을 때에도 반응 물질은 정해진 분자 수의 비율로만 반응한다. 즉, 메테인의 연소 반응에서 반응하는 메테인과 산소의 분자 수의 비는 1 : 2이다. 따라서 메테인 2분자와 산소 2분자가 혼합되어 있으면 메테인 1분자와 산소 2분자가 반응하고 메테인 1분자가 남는다. 이 메테인 분자는 반응할 산소 분자가 더 이상 없기 때문에 반응하지 못하고 남는 것이다. 이 경우의 산소와 같이 먼저 반응하여 없어지는 물질을 한계 반응물이라고 하며, 생성되는 물질의 양은 한계 반응물에 의해 결정된다. 만약 1분자의 메테인과 3분자의 산소가 반응한다면 메테인이 한계 반응물이 된다.

### ❀ 아보가드로 법칙

(1) **아보가드로 법칙** 아보가드로 법칙은 분자의 크기에 비해 분자 사이의 거리가 충분히 먼 기체인 경우에 성립한다. 주의할 점은 같은 부피 속에 들어 있는 분자 수가 같은 것이므로 원자 수는 다를 수 있다. 그리고 아보가드로 법칙은 온도와 압력이 같을 때 같은 부피 속에 같은 수의 입자(분자)를 포함한다는 것이므로, 분자 수가 2배가 되면 부피가 2배가 된다는 의미이다. 따라서 기체의 부피는 분자 수에 비례한다고도 할 수 있다.

(2) **모든 분자에서 아보가드로 법칙이 성립하는 이유** 이산화 탄소와 같은 큰 분자는 수소와 같이 작은 분자보다 같은 부피 속에 더 적은 수의 분자가 들어 있을 것으로 생각하기 쉽다. 그러나 기체 분자는 아주 작으며, 매우 빠르게 움직이기 때문에 기체 분자가 운동에 의해 차지하는 공간에 비하면 분자 자체의 크기는 무시해도 될 만큼 작다. 따라서 아주 작은 분자나 큰 분자 모두 같은 부피 속에 들어 있을 수 있다는 것이다.

**표 Ⅰ-3 암모니아가 생성되는 화학 반응식**

| | $3H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ |
|---|---|
| 계수비 | 3 : 1 : 2 |
| 분자 수의 비 | 3 : 1 : 2 |
| 부피비 | 3 : 1 : 2 |

기체 반응에서는 아보가드로 법칙에 의해 화학 반응식의 계수로부터 **부피비**를 알 수 있다. 기체가 차지하는 부피는 기체의 분자 수에 비례하고, 화학 반응식의 계수는 반응하는 분자 수와 생성되는 분자 수의 비를 나타낸다. 그러므로 수소가 질소와 반응하여 암모니아가 생성되는 반응에서 수소, 질소, 암모니아의 계수비가 3 : 1 : 2인 것은 각 기체의 분자 수의 비이며, 부피비이다.




인물 게이뤼삭(Gay-Lussac, J. L. : 1778~1850)
프랑스의 과학자로서, 기체 반응 법칙을 발표하였다.



화학 반응식의 계수는 가장 간단한 정수비를 사용하므로 화학 반응에서 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다. 1808년 게이뤼삭은 산소가 질소와 반응하여 산화 질소가 생성될 때, 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 것을 발견하였는데, 이것을 **기체 반응 법칙**이라고 한다.

아보가드로 법칙은 기체 반응 법칙을 설명하기 위해서 제안된 가설이다. 또한 아보가드로는 기체 반응 법칙을 설명하기 위하여 물질이 몇 개의 원자가 결합한 새로운 입자, 즉 분자로 이루어졌다는 분자설도 같이 주장하였다.

이와 같이 화학 반응식의 계수를 이용하면 반응 물질과 생성 물질 사이의 분자 수와 질량 및 부피 사이의 관계를 알 수 있다.

잠깐 체크 탄소 원자와 산소 원자의 질량비는 3 : 4이다. 탄소와 산소가 반응하여 이산화 탄소가 생성될 때 반응하는 탄소와 산소의 질량비를 써 보자.

자기 주도 학습

**개념 확인하기** 수소 기체와 염소 기체가 반응하여 염화 수소 기체가 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타내어 보자.

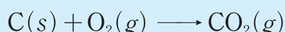
**개념 응용하기** 화학 반응식의 계수로부터 알 수 있는 사실을 모두 써 보자.

106 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

---

**잠깐 체크**

탄소와 산소가 반응하여 이산화 탄소가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

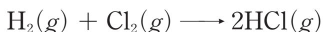
탄소 원자와 산소 원자의 질량비가 3 : 4인데, 탄소 원자 1개와 산소 원자 2개가 반응하므로 반응하는 탄소와 산소의 질량비는 (3×1) : (4×2) = 3 : 8이다.

이 결과는 이산화 탄소를 구성하는 탄소와 산소의 질량비가 3 : 8로 일정하다는 일정 성분비 법칙을 나타낸다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

수소 기체의 분자식은 $H_2$이고, 염소 기체의 분자식은 $Cl_2$이며, 염화 수소 기체의 분자식은 HCl이다. 따라서 수소 기체와 염소 기체가 반응하여 염화 수소 기체가 생성되는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

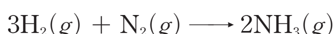


$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$

▶ **개념 응용하기**

화학 반응식의 계수는 반응하는 분자 수의 비를 나타낸다. 따라서 분자들의 상대적 질량비를 알고 있으면 실제 질량비를 알 수 있으며, 기체의 경우 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 종류에 관계없이 분자 수에 비례하므로 부피비를 알 수 있다.

예를 들어 수소 기체와 질소 기체가 반응하여 암모니아 기체가 생성되는 화학 반응식을 통해 알 수 있는 사실은 다음과 같다.



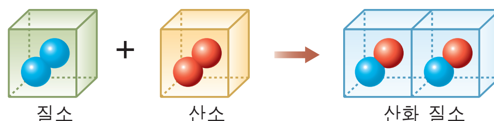
$3H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

- 분자 수의 비 ➡ 3 : 1 : 2
- 부피비 ➡ 3 : 1 : 2
- 질량비 ➡ (3×2) : (1×28) : (2×17) = 3 : 14 : 17

**과학 돋보기**

## 아보가드로 법칙과 분자설

기체 반응 법칙이 발견된 당시에는 분자의 개념이 없었고, 원자 단위로 화학 변화가 일어난다고 생각하였다. 따라서 당시에는 산화 질소가 생성될 때 1개의 질소 원자와 1개의 산소 원자에 의해 산화 질소가 만들어진다고 생각하였다. 그런데 이 반응에서 반응하는 질소와 산소의 부피비가 항상 1 : 1이라는 것이 알려지면서 질소나 산소는 같은 부피 속에 같은 수의 입자가 존재한다고 생각하였다. 즉, 반응하는 분자 수의 비가 질소 : 산소=1 : 1이고, 반응하는 부피비도 질소 : 산소=1 : 1이므로 이 두 가지를 모두 설명하기 위해서는 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 포함되어 있어야 한다. 그런데 질소와 산소가 반응하여 산화 질소가 생성될 때 질소 : 산소 : 산화 질소의 부피비가 1 : 1 : 2이므로, 질소와 산소가 각각 원자 1개씩 반응하면 산화 질소가 2개 생기려면 원자가 쪼개져서 돌턴의 원자설에 어긋난다. 따라서 질소와 산소는 원자들로 이루어진 입자, 즉 분자로 이루어져 있다는 분자설이 나타나게 되었다.



보충·심화

## 일정 성분비 법칙에 반박한 베르톨레

프루스트는 일정한 화합물을 구성하는 모든 원소의 질량비는 일정하다는 일정 성분비 법칙을 발표하였다. 이러한 프루스트의 주장에 대하여 물질의 조성은 일정하지 않다고 맞선 사람이 있었는데, 그가 바로 베르톨레였다.

베르톨레는 물질을 만드는 방법에 따라 그 조성이 여러 가지로 달라지며, 특별한 경우에만 일정 성분비 법칙이 성립한다고 주장하였다. 프루스트와 베르톨레의 논쟁은 8년 동안이나 계속되었으며, 결국 프루스트의 승리로 끝났다.

베르톨레는 구리의 황화물과 철의 산화물을 분석하여 그 성분비가 일정하지 않다고 주장하였는데, 이것은 구리의 황화물과 철의 산화물이 두 종류 이상 존재한다는 사실을 몰랐기 때문이었다. 예를 들어 산화 철(Ⅱ)(FeO)에서는 철 : 산소=1 : 0.29의 질량비가 성립하고, 산화 철(Ⅲ)($Fe_2O_3$)에서는 철 : 산소=1 : 0.43의 질량비가 성립하므로, 철의 산화물에서 그 성분비가 일정하지 않다고 생각한 것이었다. 이에 대해 프루스트는 산화 철(Ⅱ)과 산화 철(Ⅲ)은 각각 별개의 화합물이므로 그 성분비가 일정하지 않은 것이라고 설명하였으며, 결국에는 프루스트의 주장이 옳음이 증명되었다.

현재는 대부분의 화합물이 일정 성분비 법칙에 잘 적용되지만, 일부 화합물에서 성분 원소의 질량비가 일정하지 않은 경우가 발견되었다. 이러한 화합물을 베르톨레를 기념하여 '베르톨라이드'라고 한다.




2. 화학 반응에서의 질량 관계 107




### ❀ 화합물의 조성이 다르게 측정되는 경우

**(1) 같은 원소로 이루어진 화합물의 종류가 여러 가지일 때** 프루스트와 베르톨레 사이의 논쟁의 원인이 된 경우이다. 즉, 산화 구리의 경우 CuO와 $Cu_2O$의 두 종류가 있는데, 구리와 산소의 질량비는 CuO의 경우 약 4 : 1이고, $Cu_2O$의 경우 약 8 : 1이다. 따라서 이 두 물질이 섞여 있는 경우 산소 1 g에 결합하는 구리의 질량은 CuO와 $Cu_2O$의 혼합 비율에 따라 4 g부터 8 g 사이의 값을 갖는다. 이 경우 일정 성분비 법칙이 성립하지 않는 것처럼 보이지만 CuO와 $Cu_2O$는 서로 다른 화합물이므로 일정 성분비 법칙을 확인하기 위해서는 CuO와 $Cu_2O$ 각각에 대한 구리와 산소의 질량비를 확인해야 한다.

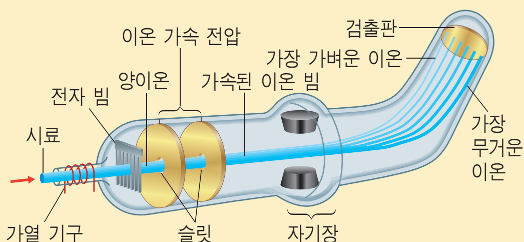
**(2) 동위 원소를 분리했을 때의 질량비** 동위 원소는 화학적으로는 같은 원소이지만 질량이 다른 원소이다. 예를 들어 NaCl의 경우 나트륨과 염소의 질량비가 약 1 : 1.52인 것과 약 1 : 1.61인 두 가지가 있다. 보통 자연에서는 두 가지가 항상 같은 비율로 섞여 있으므로 약 1 : 1.54로 일정한 값을 나타내지만 두 가지를 분리한 경우는 두 가지의 질량비가 나타난다. 그러나 이것은 자연에서 분리되어 존재하지 않으므로 일정 성분비 법칙에 위배된다고 할 수 없다.

**(3) 결정의 결함으로 인한 경우** 결정이 만들어질 때 원자가 위치해야 하는 자리의 일부가 비어 있는 상태로 만들어질 수 있다. 이와 같은 결손은 일정하게 생기는 것이 아니라 결정이 만들어질 때마다 조금씩 차이가 나므로 원소들의 질량비가 조금씩 다르다.

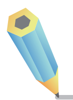
**(4) 베르톨라이드** 화합물을 구성하는 성분 원소의 질량비가 일정한 정수비로 결합하는 것이 아니라 어떤 범위에 걸쳐 있는 화합물로, 이산화 망가니즈($MnO_2$)의 경우에 $MnO_{1.93}$과 같은 화합물도 같이 존재한다고 알려져 있다.

### 심화 학습 질량 분석기의 원리

동위 원소를 분리하거나 동위 원소의 존재비를 확인하는 장치로서, 아래 그림과 같은 질량 분석기가 있다.




질량 분석기에서는 시료가 전자빔에 의해 대전되어 전기장에 의해 가속된 후 슬릿을 통과하여 진행한다. 그리고 대전된 시료는 자기장에 의해 진로가 휘어지게 되는데, 휘어지는 정도가 대전된 시료의 질량에 따라 다르다. 즉, 무거운 시료는 조금 휘어지고, 가벼운 시료는 많이 휘어진다. 따라서 시료가 휘어진 정도를 측정하면 질량을 알 수 있고, 시료를 질량에 따라 분리할 수도 있다.



# 대단원 마무리

## Ⅱ. 화학 반응에서의 규칙성

### 개념 정리하기

❶ 물리 변화

[해설] 물질의 성질은 변하지 않고 겉모습이나 분자 배열만 바뀌는 현상은 물리 변화이다.

❷ 화학 변화

[해설] 원자의 배열이 변하는 것은 화학 변화이다.

❸ 화합물

[해설] 두 가지 이상의 물질이 화학 반응하여 생성된 새로운 성질을 가지는 물질을 화합물이라고 한다.

❹ 화합

❺ 분해

❻ 치환

[해설] 반응 전 물질을 구성하던 성분의 일부가 서로 자리를 바꾸어 결합하는 화학 변화는 치환이다.

❼ 연소

[해설] 물질이 산소와 빠르게 반응하여 다른 물질로 되면서 빛과 열을 내는 화학 반응은 연소이다.

❽ 질량 보존 법칙

❾ 라부아지에

[해설] 라부아지에는 화학 반응이 일어날 때 반응 전후의 질량이 일정하다는 것을 처음 실험으로 증명하였다.

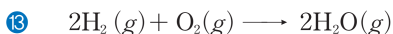
❿ 일정 성분비 법칙

⓫ 프루스트

[해설] 프루스트는 화합물은 일정한 성분비로 만들어진다는 사실을 제안하였다.

⓬ 화학 반응식

[해설] 물질의 변화를 화학식으로 표시하여 반응 물질과 생성 물질의 관계로 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다.



⓭ $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$



⓮ 2 : 1 : 2

[해설] 기체 반응의 화학 반응식에서 계수비=분자 수의 비=부피비이다.

⓯ 아보가드로 법칙

⓰ 기체 반응 법칙



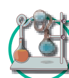
대단원 마무리

Ⅱ. 화학 반응에서의 규칙성

개념 정리하기

✣ 해당 번호의 문제를 맞추어 가로, 세로 또는 대각선을 연결하면 '빙고'를 외칩니다.

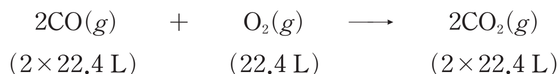
❶ 물질의 성질은 변하지 않고 겉모습이나 분자의 배열만 바뀌는 변화
❷ 물질을 이루는 원자의 배열이 달라져 새로운 물질이 생성되는 변화
❸ 두 종류 이상의 원소로 이루어진 순물질로서, 화학 반응 결과 생성되는 물질
❹ 두 가지 이상의 물질이 결합하여 하나의 새로운 물질을 생성하는 화학 반응의 종류
❺ 한 가지 물질이 두 가지 이상의 물질로 나누어지는 화학 반응의 종류
❻ 한 물질의 구성 입자가 다른 물질의 구성 입자와 자리를 바꾸는 화학 반응의 종류
❼ 물질이 산소와 빠르게 반응하여 빛과 열을 내는 화학 반응의 종류
❽ 화학 반응이 일어나기 전후의 질량이 같다는 법칙



| ❶ | ❷ | ❸ | ❹ |
|---|---|---|---|
| ❺ | ❻ | ❼ | ❽ |
| ❾ | ❿ | ⓫ | ⓬ |
| ⓭ | ⓮ | ⓯ | ⓰ |

❾ ❽의 법칙을 처음으로 언급하고 실험으로 증명해 낸 과학자
❿ 한 화합물을 구성하는 원소의 질량비는 일정하다는 법칙
⓫ ❿의 법칙을 실험으로 확인하고 발표한 과학자
⓬ 물질의 변화를 원소 기호와 +, → 등으로 나타낸 식
⓭ 수소 기체와 산소 기체가 결합하여 수증기가 생성되는 화학 반응식
⓮ ⓭에서 수소 : 산소 : 수증기의 분자 수의 비
⓯ 온도와 압력이 같을 때 같은 부피 속에는 같은 수의 분자가 존재한다는 법칙
⓰ 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 법칙

108 Ⅱ. 화학 반응에서의 규칙성



학습 자료실

### ❀ 화학 반응식을 이용한 양적 계산

**(1) 화학 반응식과 부피 관계**

예 0℃, 1기압에서 기체의 부피를 22.4 L라고 하면, 1 L의 일산화 탄소(CO)를 완전 연소시키기 위해 필요한 산소의 부피는 다음과 같이 구할 수 있다.

일산화 탄소의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$$2CO(g) \quad + \quad O_2(g) \quad \longrightarrow \quad 2CO_2(g)$$
$$(2\times22.4\ L) \qquad (22.4\ L) \qquad (2\times22.4\ L)$$

이때 1 L의 일산화 탄소를 완전 연소시키기 위해 필요한 산소의 부피($x$)는 다음의 비례식으로 구할 수 있다.

$CO : O_2$ ➡ $44.8 : 22.4 = 2 : 1 = 1\ L : x \quad \therefore\ x = 0.5\ L$

**(2) 화학 반응식과 분자 수 관계**

예 $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$의 반응에서 $SO_2$ 10분자를 연소시킬 때 필요한 $O_2$의 분자 수($x$)는 다음과 같은 비례식으로 구할 수 있다.

$SO_2 : O_2$ ➡ $2 : 1 = 10 : x \quad \therefore x = 5$ 분자

## 개념 적용하기

**1** 화학 변화라고 할 수 없는 것은?

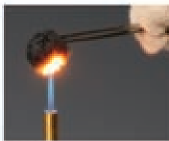
① 철이 녹슬었다.
② 김치가 시어졌다.
③ 우유가 부패되었다.
④ 어머니의 흰 머리카락이 늘어났다.
⑤ 옷장에 넣어 둔 종약의 크기가 작아졌다.

**2** 물질의 화학 변화 시 달라지는 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 원자의 수　　ㄴ. 원자의 배열
ㄷ. 원자의 종류　　ㄹ. 원자의 크기
ㅁ. 물질의 성질

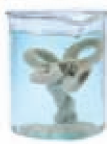
① ㄱ, ㄴ　　② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ　　④ ㄴ, ㅁ
⑤ ㄷ, ㅁ

**3** 그림은 강철 솜을 공기 중에서 가열하는 모습이다. 이때 일어나는 화학 반응은? (정답 2개)



① 화합　　② 분해
③ 치환　　④ 연소
⑤ 앙금생성

**4** 그림은 질산 은 수용액에 넣은 구리선에 은이 달라붙고 질산 구리 수용액이 생성된 모습이다. 이때 일어난 화학 반응의 종류를 쓰시오.



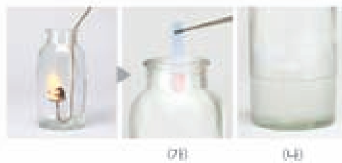
**5** 그림은 과산화 수소의 분해 실험 장치이다.




집기병에 모아지는 기체의 성질로 옳은 것은?

① 달걀 썩는 냄새가 난다.
② 독성이 강해서 위험하다.
③ 염화코발트 종이를 붉게 변화시킨다.
④ 무색의 기체로 물질의 연소를 돕는다.
⑤ 성냥불을 가까이 가져가면 '펑' 소리가 난다.

**6** 그림은 에탄올을 적신 솜을 연소시킨 후 생성 물질을 확인하는 과정을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 집기병 안쪽에는 물이 생성된다.
② 에탄올이 연소할 때 산소와 결합한다.
③ 에탄올이 연소할 때 생성되는 기체는 질소이다.
④ 집기병 안쪽에 생성되는 물질은 (가)와 같이 염화코발트 종이로 확인할 수 있다.
⑤ 에탄올이 연소할 때 생성되는 기체는 (나)와 같이 석회수로 확인할 수 있다.



## 참고 자료 여러 가지 기체의 성질과 발생

**(1) 기체의 성질**

① 황화 수소($H_2S$): 달걀 썩는 냄새가 난다.
② 일산화 탄소(CO): 독성이 있는 기체로서, 호흡을 방해하여 몸속의 산소 공급을 방해한다.
③ 수증기($H_2O$): 파란색 염화 코발트 종이를 붉게 변화시키고, 흰색의 무수 황산 구리를 파란색으로 변화시킨다.
④ 이산화 탄소($CO_2$): 석회수에 통과시키면 석회수가 뿌옇게 흐려진다.
⑤ 수소($H_2$): 가연성 기체이므로 성냥불을 가까이 대면 '펑' 소리가 난다.

**(2) 기체의 발생**

① 산소의 발생
- 과산화 수소의 분해
  $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$
- 과염소산 칼륨의 열분해
  $2KClO_4 \longrightarrow 2KCl + 4O_2\uparrow$

② 수소의 발생: 금속과 산의 반응
  $Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$

③ 이산화 탄소의 발생
- 탄산 칼슘의 열분해
  $CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2\uparrow$
- 탄산 칼슘과 염산의 반응
  $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$

## 개념 적용하기

**1** ⑤

[해설] 옷장에 넣어 둔 좀약은 승화성 물질이다. 따라서 승화가 일어나서 기체 상태로 변화하므로 크기가 작아진 것이다. 이것은 물리 변화이다.

**2** ④

[해설] 화학 변화 시에는 원자 배열이 바뀌어서 새로운 성질을 갖는 물질이 만들어진다.

**3** ①, ④

[해설] 강철 솜이 공기 중의 산소와 빠른 속도로 화합하여 연소가 일어나는 반응이다.

**4** 치환

[해설] 질산 은 수용액의 은 이온과 구리가 서로 자리를 바꾸는 치환 반응이 일어난 것이다.

**5** ④

[해설] 과산화 수소가 분해되어 생성된 기체는 산소이다. 산소는 무색의 기체로서, 다른 물질의 연소를 도와주는 조연성이 있다.

**6** ③

[해설] 에탄올이 연소할 때 생성되는 기체는 이산화 탄소이다.
집기병 안쪽에 생기는 물질은 물이므로 염화코발트 종이가 붉은색으로 변하는 것으로 확인하고, 이산화 탄소는 석회수에 통과시켜 석회수가 뿌옇게 흐려지는 것으로 확인한다.




### ❀ 물리 변화와 화학 변화의 비교

| 구분 | 물리 변화 | 화학 변화 |
|---|---|---|
| 원자 배열 | 일정함. | 변함. |
| 원자의 종류 | 일정함. | 일정함. |
| 원자의 수 | 일정함. | 일정함. |
| 분자 | 배열이 변함. | 종류가 변함. |
| 물질의 성질 | 일정함. | 변함. |

## 개념 적용하기

**7** ③

[해설] ㄱ은 산소와 결합하여 질량이 증가하고, ㄴ과 ㄷ은 기체가 발생하여 질량이 감소한다. ㄹ은 탄산 칼슘의 흰색 앙금이 생성되는 반응으로서 질량이 보존된다.

**8** ③

[해설] 철과 황이 반응할 때 철 7 g과 황 4 g이 반응하여 황화 철 11 g이 생성된다. 따라서 황화 철 33 g을 만들기 위해서 필요한 철의 양은 황화 철 11 g을 만들 때 반응한 철 7 g의 3배인 21 g이다.

**9** (1) (나) 27 (다) 32 (2) 1 : 8 (3) 질량 보존 법칙, 일정 성분비 법칙

[해설] (1) (가)에서 반응하는 수소 : 산소 : 물의 질량비가 2 : 16 : 18=1 : 8 : 9이다. 따라서 (나)에서는 1 : 8 : 9=3 : 24 : $x$에서 $x=27$이다. (다)에서는 1 : 8 : 9=4 : $y$ : 36에서 $y=32$이다.

(2) 수소 2 g과 산소 16 g이 반응하여 물이 생성되므로, 물을 이루는 수소와 산소의 질량비는 1 : 8이다.

(3) 수소의 질량+산소의 질량=물의 질량이므로 질량 보존 법칙이 성립하고, 물을 이루는 수소와 산소의 질량비는 1 : 8이므로 일정 성분비 법칙이 성립한다.

**10** $2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$

**11** ②

[해설] 수소와 산소의 질량비는 1 : 8이고, 화학 반응식에서 계수는 반응 물질과 생성 물질의 분자 수의 비에 해당한다.

**12** (1) $2CO(g)+O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$
(2) 1 : 1 (3) 2 : 1 : 2

[해설] (1) 일산화 탄소 2분자와 산소 1분자가 반응하여 이산화 탄소 2분자를 생성하는 반응이다.

(2) 질량 보존 법칙에 따라 반응 전의 일산화 탄소와 산소의 질량의 합은 반응 후 이산화 탄소의 질량과 같다.

(3) 기체 반응의 화학 반응식에서 반응한 분자와 생성된 분자의 부피비는 각 분자의 계수비와 같으므로 일산화 탄소 : 산소 : 이산화 탄소의 부피비는 2 : 1 : 2이다.

---

### 개념 적용하기

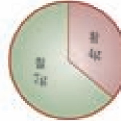


**7** 열린 용기에 반응시켰을 때, 반응 전과 반응 후의 질량이 같은 경우를 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 강철 솜을 가열한다.
ㄴ. 나무를 연소시킨다.
ㄷ. 묽은 염산에 조개껍데기를 넣는다.
ㄹ. 탄산 나트륨 수용액에 염화 칼슘 수용액을 넣는다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄹ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄷ, ㄹ

**8** 그림은 황화 철 11 g을 이루는 성분 원소의 질량을 나타낸 것이다. 황화 철 33 g을 얻기 위해 필요한 철의 질량은?




① 14 g ② 17 g ③ 21 g
④ 24 g ⑤ 29 g

**9** 다음 표는 수소와 산소의 질량을 달리하여 반응시켰을 때 발생하는 물의 질량을 나타낸 것이다.

| 구분 | 수소의 질량 | 산소의 질량 | 물의 질량 |
|---|---|---|---|
| (가) | 2g | 16g | 18g |
| (나) | 3g | 24g | (  )g |
| (다) | 4g | (  )g | 36g |

(1) (나)와 (다)의 (  ) 안에 들어갈 알맞은 값을 쓰시오.
(2) 물을 이루고 있는 수소와 산소의 질량비를 구하시오.
(3) 위의 반응으로부터 알 수 있는 법칙을 두 가지 쓰시오.

**10** 그림은 마그네슘과 산소의 반응을 모형으로 나타낸 것이다.




이 모형을 화학 반응식으로 나타내시오(단, 마그네슘과 산화 마그네슘은 고체 상태이고, 산소는 기체 상태이다.).

**11** 다음 화학 반응식에 대해 잘못 설명한 것은?


$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

① 반응하는 물질은 수소와 산소이다.
② 수소와 산소는 2 : 1의 질량비로 반응한다.
③ 반응 전과 후의 총 원자 수는 변하지 않는다.
④ 반응하는 수소 원자 수와 생성되는 수소 원자 수는 같다.
⑤ 반응하는 수소 분자 수와 산소 분자 수의 비는 2 : 1이다.

**12** 그림은 일산화 탄소가 산소와 반응하여 이산화 탄소를 생성할 때의 화학 반응을 모형으로 나타낸 것이다(단, 반응 물질과 생성 물질 모두 기체 상태이다.).



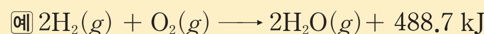
(1) 위의 반응을 화학 반응식으로 나타내시오.
(2) 일산화 탄소와 산소가 완전히 반응하였다면, 반응 전 혼합물의 질량과 반응 후 화합물의 질량비는 얼마인지 쓰시오.
(3) 일산화 탄소 : 산소 : 이산화 탄소의 부피비를 쓰시오.

110 Ⅰ. 화학 반응에서의 규칙성

---

### 심화 학습 열화학 반응식

화학 반응이 일어날 때 출입하는 열인 반응열을 화학 반응식과 함께 나타낸 것이다.

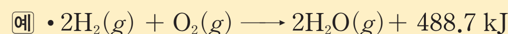

예 $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) + 488.7\ kJ$

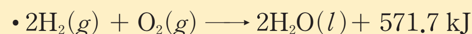
열화학 반응식으로 나타낼 때에는 다음과 같은 점에 유의해야 한다.

(1) 반응열은 물질의 몰 단위 당 열량으로 나타낸다.

(2) 화학 반응식의 오른쪽에 반응열을 함께 표시하고, 발열 반응이면 + 기호를 열량 앞에 표시하고, 흡열 반응이면 − 기호를 열량 앞에 표시한다.

(3) 반응열은 반응 물질의 상태에 따라 다르므로 반응식에 반드시 물질의 상태를 함께 나타낸다.


예 • $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) + 488.7\ kJ$

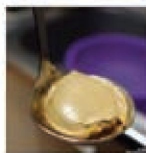

• $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) + 571.7\ kJ$

(4) 온도와 압력을 함께 나타낸다. 그 이유는 온도와 압력에 따라 물질이 가지는 에너지가 달라서 반응열의 크기도 달라지기 때문이다. 그런데 반응식에 온도와 압력이 나타나 있지 않은 경우는 1기압, 25℃에 일어난 반응임을 뜻한다.

## 개념 응용하기

창의력 키우기

1) 설탕 과자를 만들어 먹을 때 설탕이 녹은 다음 베이킹파우더를 넣어 주면 부풀어 오른다. 베이킹파우더의 변화는 어떤 종류의 화학 반응인지 쓰고, 이 화학 반응에 대해 설명하시오.



탐구력 기르기

2) 그림은 기체를 얻는 분해 실험 장치이다.




두 기체를 모으는 방법의 차이를 바탕으로 분해 실험 결과 발생하는 기체의 특성을 비교해 보시오.

창의력 키우기

3) 양초와 뷰테인은 모두 연소시키면 화학 반응이 일어나는 물질이다. 두 물질 중에서 뷰테인은 특별한 장치를 사용하여 연소 반응을 시키는데, 그 이유는 무엇인지 설명하시오.



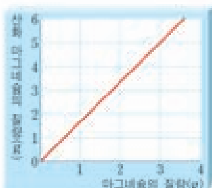
탐구력 기르기

4) 그림은 오랫동안 산성비를 맞은 대리석 조각의 모습이다. 이 경우에도 질량 보존 법칙이 성립하는지 설명하시오.



탐구력 기르기

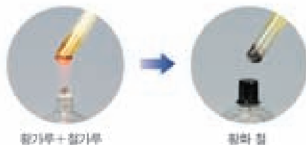
5) 그래프는 마그네슘이 연소될 때 마그네슘과 산화 마그네슘의 질량 관계를 나타낸 것이다.




마그네슘 30 g을 공기 중에서 완전 연소시킬 때 필요한 산소의 질량을 구하시오. 이때 질량을 구하는 과정을 함께 설명하시오.

탐구력 기르기

6) 황화 철(FeS)은 그림과 같이 황가루와 철가루를 반응시켜 얻을 수 있다.




(1) 위의 반응을 화학 반응식으로 나타내시오.

(2) 위의 반응으로부터 일정 성분비 법칙을 설명하시오.



## 과학 돋보기

### ❀ 설탕 과자에 이용되는 분해 반응

국자에 설탕을 넣고 녹인 뒤 베이킹파우더를 넣으면 설탕이 부풀어 오르면서 달콤쌉싸름한 설탕 과자가 만들어지는데, 이 속에는 화학 반응이 숨어 있다. 베이킹파우더의 주성분은 탄산수소 나트륨인데, 이 물질을 가열하면 이산화 탄소, 물, 탄산 나트륨으로 분해된다. 이때 발생하는 이산화 탄소가 녹은 설탕을 부풀어 오르게 하고, 탄산 나트륨이 쌉싸름한 맛을 낸다.

### ❀ 기체를 모으는 방법

| 수상 치환 | 상방 치환 | 하방 치환 |
|---|---|---|
| 물에 녹지 않는 기체를 모으는 방법 | 공기보다 가벼운 기체를 모으는 방법 | 공기보다 무거운 기체를 모으는 방법 |
| 기체 | 기체 / 공기가 나온다. | 기체 / 공기가 나온다. |

## 개념 응용하기

1) 베이킹파우더의 주성분은 탄산수소 나트륨이다. 탄산수소 나트륨을 가열하면 이산화 탄소 기체가 빠져나오므로 설탕 과자가 부풀어 오르는 것이다. 따라서 이 화학 반응은 한 물질이 성질이 다른 새로운 물질로 나누어지는 분해 반응이다.

2) (가)에서 발생하는 기체는 산소이고, (나)에서 발생하는 기체는 이산화 탄소이다. 산소는 물속에서 모으는 것으로 보아 물에 녹지 않고, 이산화 탄소는 아래쪽으로 모으는 것으로 보아 공기보다 무겁다.

3) 뷰테인 가스는 상온에서 기체 상태이며, 연소시킬 때 폭발할 수 있다. 따라서 양초와는 달리 특별한 장치를 사용해서 빠져나오는 가스의 양을 조절해야 한다.

4) 대리석은 탄산 칼슘($CaCO_3$)으로 이루어져 있다. 탄산 칼슘은 산성 물질과 반응하여 물과 이산화 탄소가 생성된다. 따라서 산성비에 의해 대리석 조각이 부식될 때 이산화 탄소는 공기 중으로 날아가고 물은 씻겨 내려가면서 원래 모양과 다르게 변한다. 그러나 반응 물질과 생성 물질의 질량이 변하지 않아 질량 보존 법칙이 성립한다.

5) 그래프를 보면 마그네슘의 질량이 3 g일 때 생성되는 산화 마그네슘의 질량은 5 g이다. 따라서 마그네슘 3 g이 연소될 때 필요한 산소의 질량은 2 g이므로 마그네슘의 연소에서 반응하는 마그네슘과 산소의 질량비는 3 : 2이다. 그러므로 마그네슘 30 g을 공기 중에서 완전 연소시킬 때 필요한 산소의 양($x$)은 $3:2=30:x$에서 $x=20$ g이다.

6) (1) $Fe(s) + S(s) \longrightarrow FeS(s)$

(2) 황화 철은 황 원자 1개와 철 원자 1개가 화합하여 생성되므로, 황과 철의 질량비가 일정하다. 따라서 일정 성분비 법칙이 성립한다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 〈보기〉에서 화학 변화에 해당하는 것을 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 물이 끓어 수증기가 된다.
ㄴ. 나무에 불을 붙이면 잘 탄다.
ㄷ. 페인트칠이 벗겨진 철 대문에 녹이 슬었다.
ㄹ. 뜨거운 물에 커피 가루를 넣었더니 녹았다.
ㅁ. 옷장에 넣어 둔 나프탈렌의 크기가 작아졌다.
ㅂ. 상처가 난 부위를 과산화 수소수로 소독하면 거품이 생긴다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ　② ㄴ, ㄷ, ㄹ　③ ㄴ, ㄷ, ㅂ
④ ㄷ, ㄹ, ㅂ　⑤ ㄹ, ㅁ, ㅂ

**02** 국자에 설탕을 넣고 서서히 가열하면 설탕이 녹아 액체로 된다. 이 액체 설탕을 강하게 가열하면 설탕이 검게 변하면서 타는 냄새가 난다. 이 현상은 물리 변화인지, 화학 변화인지 쓰시오.

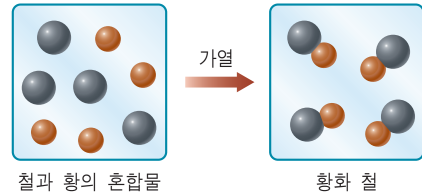


**03** 다음 변화에 대한 설명으로 옳은 것은?

(가) 물 + 소금 ⟶ 소금물
(나) 물 + 설탕 ⟶ 설탕물
(다) 철 + 산소 ⟶ 산화 철
(라) 양초 + 산소 ⟶ 물 + 이산화탄소

① (가)와 (다)는 물리 변화이다.
② (나)와 (라)는 화학 변화이다.
③ (다)에서 철의 성질은 보존된다.
④ (라)는 빛과 열을 낸다.
⑤ (라)의 생성물은 양초와 성질이 같다.

**04** 그림은 철과 황의 혼합물을 가열하면 황화 철이 생성되는 것을 모형으로 나타낸 것이다.




위의 반응에서 변하는 것은?

① 원자의 수　② 원자의 종류
③ 물질의 전체 질량　④ 철과 황 원자의 질량
⑤ 철과 황 원자의 배열

**05** 화합의 예에 해당하는 것은?

① 마그네슘을 가열하면 산화 마그네슘이 된다.
② 상처에 과산화 수소수를 바르면 거품이 생긴다.
③ 물에 나트륨 조각을 넣으면 격렬하게 반응하여 수소 기체가 발생한다.
④ 밀가루 반죽에 탄산수소 나트륨을 넣고 가열하면 밀가루 반죽이 부풀어 오른다.
⑤ 염화 나트륨 수용액에 질산 은 수용액을 넣으면 염화 은의 흰색 앙금이 생긴다.

**06** 그림은 수소와 산소가 화합하여 물이 생성되는 반응을 모형으로 나타낸 것이다.



빈칸의 반응 물질 모형으로 옳은 것은?

①　②　③
④　⑤

**07** 그림은 탄산수소 나트륨을 가열하여 분해하는 장치이다.

탄산수소 나트륨, A, 토치, B, 석회수

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 반응 후 시험관 A에는 탄산 나트륨이 남는다.
② 시험관 A의 입구 안쪽 벽에 맺혀 있는 액체에 파란색 염화코발트 종이를 대면 붉은색으로 변한다.
③ 반응 후 시험관 A에 남아 있는 고체의 질량은 처음 탄산수소 나트륨의 질량과 같다.
④ 시험관 B의 석회수는 뿌옇게 흐려진다.
⑤ 탄산수소 나트륨을 가열하면 세 가지 물질로 분해된다.

**08** 분해시키는 방법이 나머지 넷과 다른 것은?

① 산화 은 ② 산화 수은
③ 과산화 수소 ④ 탄산 칼슘
⑤ 탄산수소 나트륨

**09** 다음은 화학 변화를 간단히 나타낸 식이다.

$$AB + CD \longrightarrow AD + CB$$

위와 같은 방법으로 나타낼 수 있는 것은?

① 물을 전기 분해할 때
② 탄산수소 나트륨을 가열할 때
③ 철가루와 황가루의 혼합물을 가열할 때
④ 과산화 수소수에 이산화 망가니즈를 넣을 때
⑤ 질산 은 수용액과 염화 나트륨 수용액을 섞을 때

**10** 다음은 수소와 산소로부터 물을 합성할 때 각 물질의 질량 관계를 나타낸 것이다.

수소 + 산소 ⟶ 물
32 g 36 g

이때 반응하는 수소의 질량은?

① 1 g ② 2 g ③ 4 g
④ 8 g ⑤ 16 g

**11** 다음은 산화 수은의 분해를 나타내는 반응식이다.

산화 수은 ⟶ 수은 + 산소
A B C

물질 A~C 사이의 질량 관계를 옳게 나타낸 것은?

① A=B=C ② A>B=C
③ A=B<C ④ A+B=C
⑤ A=B+C

**12** 그림은 강철 솜의 질량을 측정한 후 공기 중에서 연소시켜 산화 철로 만든 다음 다시 질량을 측정하는 것을 나타낸 것이다.

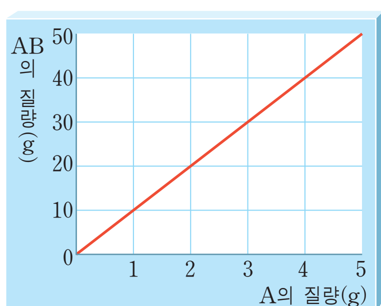
강철 솜, 연소 후 강철 솜
(가) (나) (다)

가열 시간에 따른 강철 솜의 질량 변화를 그래프로 옳게 나타낸 것은?

① ② ③ ④ ⑤ (질량–시간 그래프)

**13** 공기 중에서 철가루 10 g을 가열하면서 일정한 시간 간격으로 질량을 측정하였더니 13 g이 된 이후로 더 이상 질량이 증가하지 않았다. 20 g의 철가루를 가열하여 모두 반응시키려고 할 때 필요한 산소의 질량을 쓰시오.

[14~15] 그래프는 물질 A와 B를 반응시켜 물질 AB를 만들 때, A의 질량에 따라 생성되는 AB의 질량을 측정한 결과이다.




**14** 위 그래프로 보아 반응하는 물질 A와 B의 질량비(A : B)는?

① 1 : 4　② 1 : 8　③ 1 : 9
④ 7 : 4　⑤ 8 : 9

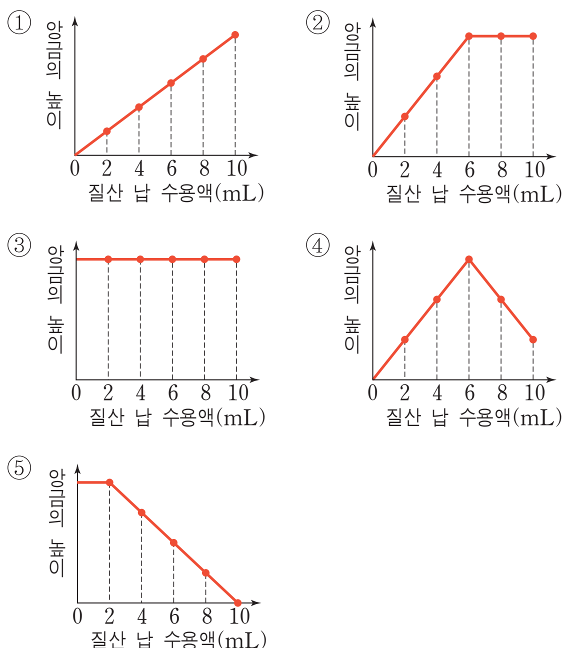
**15** 위 실험 결과로부터 알 수 있는 사실로 옳은 것은?

① A와 B가 치환 반응하여 AB가 된다.
② A 6 g과 반응하는 B의 질량은 54 g이다.
③ AB를 이루는 A와 B의 질량비는 1 : 10이다.
④ 반응하는 A와 B의 분자 수의 비는 1 : 2이다.
⑤ A 7 g을 사용할 때 얻을 수 있는 AB의 질량은 63 g이다.

[16~17] 표는 5 % 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL에 5 % 질산 납 수용액의 부피를 달리하면서 섞었을 때 생성되는 앙금의 높이를 측정한 것이다.

| 구분 | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 질산 납 수용액의 부피(mL) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 아이오딘화 칼륨 수용액의 부피(mL) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 앙금의 높이(mm) | 0 | 1.8 | 3.7 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |

**16** 각 시험관에 생긴 앙금의 높이를 옳게 나타낸 그래프는?




**17** 위 실험에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 생성된 앙금은 아이오딘화 납이다.
② 이 실험으로 일정 성분비 법칙을 설명할 수 있다.
③ 질산 납 수용액을 10 mL 넣은 시험관에는 질산 납이 남는다.
④ 질산 납 수용액을 4 mL 넣은 시험관에는 아이오딘화 칼륨이 남는다.
⑤ 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL와 완전히 반응하는 질산 납 수용액의 부피는 10 mL이다.

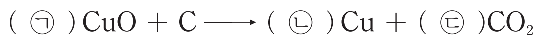
**18** 그림은 어떤 화학 반응을 볼트(B)와 너트(N) 모형을 사용하여 나타낸 것이다.



위의 반응 모형에 대한 설명으로 옳은 것은?(단, 볼트 1개의 질량은 9 g이고, 너트 1개의 질량은 1 g이다.)

① 볼트와 너트가 결합하는 질량비는 3 : 1이다.
② $CaCl_2$은 이 반응 모형으로 생성되는 물질이다.
③ 이 반응 모형을 식으로 나타내면 $B_3 + N \longrightarrow BN_3$이다.
④ 질량 보존 법칙은 설명할 수 있지만 일정 성분비 법칙은 설명할 수 없다.
⑤ 반응 물질과 생성 물질을 이루는 원자의 종류는 같지만 원자 수는 다르다.

**19** 다음 화학 반응식의 ( ) 안에 알맞은 계수를 옳게 짝지은 것은?



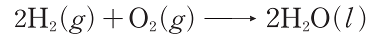
( ㉠ ) $CuO + C \longrightarrow$ ( ㉡ ) $Cu$ + ( ㉢ ) $CO_2$

| | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|---|---|---|
| ① | 1 | 1 | 2 |
| ② | 1 | 2 | 1 |
| ③ | 2 | 1 | 1 |
| ④ | 2 | 1 | 2 |
| ⑤ | 2 | 2 | 1 |

**20** 화학 반응식이 옳지 않은 것은?

① $C + O_2 \longrightarrow CO_2$
② $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
③ $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$
④ $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$
⑤ $2Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$

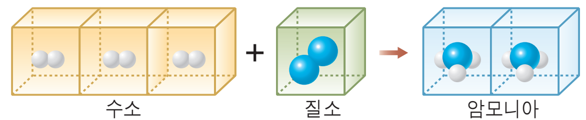
**21** 다음 화학 반응식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

① 반응 전후의 원자의 종류와 수는 같다.
② 반응 전후의 분자의 종류와 수는 같다.
③ 반응하는 수소와 산소의 부피비는 2 : 1이다.
④ 반응하는 수소와 산소의 분자 수의 비는 2 : 1이다.
⑤ 화살표의 왼쪽이 반응 물질이고, 오른쪽이 생성 물질이다.

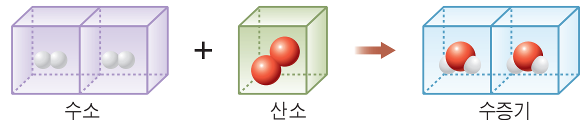
**22** 그림은 수소와 질소가 반응하여 암모니아가 생성되는 과정을 모형으로 나타낸 것이다.




위 반응을 화학 반응식으로 옳게 나타낸 것은?

① $H_3 + N \longrightarrow NH_3$
② $H_2 + N_2 \longrightarrow NH_3$
③ $H_2 + 3N_2 \longrightarrow NH_2$
④ $2H_2 + N_2 \longrightarrow 4N_2H$
⑤ $3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$

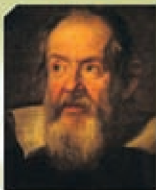
**23** 그림은 수소와 산소가 반응하여 수증기가 생성되는 과정을 모형으로 나타낸 것이다.




위 모형에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 반응하는 수소의 원자 수는 4개이다.
② 반응하는 산소의 원자 수는 2개이다.
③ 반응 전과 반응 후의 총 분자 수는 같다.
④ 반응 물질과 생성 물질의 총 원자 수는 6개로 같다.
⑤ 산소 분자 20개를 수소 분자와 완전히 반응시키면 수증기 분자 40개를 얻을 수 있다.








## 단원의 개관

태양이라는 별을 중심으로 지구를 포함한 8개의 행성들이 모여 태양계를 이룬다. 이러한 태양계는 천동설이 받아들여졌던 17세기 이전에는 발견되지 않았고, 코페르니쿠스의 지동설이 받아들여진 후 수많은 천문학자들이 행성들을 발견함으로써 그 존재가 알려지게 되었다. 그 후 다양한 활동이 이루어지면서 행성들의 신비가 밝혀지고, 2006년에는 명왕성이 왜소 행성으로 분류되는 등 태양계에 대한 연구는 지금도 계속되고 있다.

이 단원에서는 지구의 모양이 둥글다는 것을 증거를 들어 알아보고, 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상을 알아본다. 그리고 우리가 사는 지구와 직접적인 영향을 미치는 달 및 태양에 대해 알아본다. 또 수성에서부터 해왕성에 이르기까지 태양계를 구성하는 행성들을 개략적으로 살펴본 후, 천체 관측 도구인 망원경의 특징과 사용 방법을 알아봄으로써 학생들에게 천문학 연구에 대한 기본적인 지식을 제공할 수 있을 것이다.

## 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| 초등학교 5~6학년군 | • 지구와 달<br>• 태양계와 별 |
|---|---|

➡

**이번에 배울 내용**

- 지구와 달
- 지구와 달의 운동
- 태양
- 태양계의 구성
- 천체의 관측

➡

**다음에 배울 내용**

| 고등학교 과학 | • 행성의 운동<br>• 지구와 달의 운동<br>• 자전, 공전 |
|---|---|
| 고등학교 지구 과학 Ⅰ | • 태양 관측<br>• 태양의 표면과 대기의 특징<br>• 행성 관측과 행성의 운동<br>• 달의 위상 변화<br>• 일식과 월식 |

## 교육과정

■ 학습 내용 성취 기준

(가) 지구와 달의 모양과 크기를 알고, 자전과 공전 때문에 나타나는 현상을 이해한다.

(나) 달의 모양 변화와 일상생활을 연관 지어 이해한다.

(다) 태양계를 구성하는 천체를 알고, 태양계 행성을 분류하여 그 특징을 알고, 행성도 위성을 가질 수 있음을 안다.

(라) 태양은 태양계 내의 유일한 항성임을 알고, 태양의 활동이 지구 자기장 및 인간 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.

(마) 육안 및 천체 망원경을 이용하여 천체를 관측하고, 이를 통해 천체의 특징을 안다.

■ 탐구 활동

(가) 지구의 크기를 측정하고 달의 크기와 비교하기

(나) 달의 모양 변화와 관련된 일상생활의 예 찾아보기

(다) 육안 및 망원경으로 천체 관측하기

(라) 행성 또는 달 탐사 계획 세우기

## 단원 지도상의 유의점

1 지구의 모양에 대한 고대인의 생각을 알고, 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상을 이해하도록 한다.

2 에라토스테네스가 지구의 크기를 측정한 방법을 이해하도록 하고, 에라토스테네스의 방법으로 지구 모형의 크기를 측정해 보도록 지도한다.

3 천체의 거리와 각지름의 관계를 이해하도록 하고, 각지름을 이용하여 달의 크기를 측정해 보도록 지도한다.

4 별들의 일주 운동을 관찰하고, 지구의 자전과 연관 지어 원리를 이해하도록 한다.

5 지구의 자전과 공전 때문에 나타나는 여러 가지 현상을 이해하도록 한다.

6 달의 공전 위치에 따른 달의 모양 변화를 이해하도록 하고, 일상생활에서 달의 모양 변화와 관련된 여러 가지 현상을 이해하도록 한다.

7 태양의 표면에서 나타나는 현상을 이해하도록 하고, 태양 대기의 구성과 특징을 알 수 있도록 한다.

8 태양의 활동에 대해 이해하도록 하고, 태양의 활동이 지구에 미치는 영향을 알 수 있도록 한다.

9 태양계는 태양, 행성, 위성, 왜소 행성, 소행성, 유성체, 혜성 및 가스와 티끌 등으로 구성된 집단임을 이해하도록 한다.

10 행성들을 지구형 행성과 목성형 행성으로 분류하고, 각각의 특징을 알아보도록 한다.

11 탐구 활동을 통하여 육안 또는 천체 망원경으로 천체를 관측할 수 있도록 지도한다.

12 탐구 활동을 통해 행성의 과거 탐사 기록을 정리하고, 이 행성의 탐사 목적, 탐사 방법을 계획서로 만들어 발표하도록 지도한다.

13 육안으로 관측이 어려운 천체들도 천체 망원경을 이용하면 상세하게 관측할 수 있음을 인식시키고, 천체 망원경을 다루는 방법을 이해하도록 한다.

14 망원경의 사용, 천체 관측 등을 통하여 천문학에 대한 흥미와 학습 동기를 갖게 한다.

## 참고 자료

■ 참고 도서_교사용

1. 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 역, 시그마프레스
2. 천문학 및 천체 물리학(2010), Michael Zeilik 저, 강혜성 역, 시그마프레스
3. 천체 관측(2009), 김희수 저, 시그마프레스
4. 천체 관측의 첫걸음(2001), 제임스 머든 저, 박승철 역, 가람 기획

■ 읽을 책_학생용

1. 태양계의 모든 것(2009), 뉴턴프레스 저, (주)뉴턴코리아
2. 코페르니쿠스가 들려주는 지동설 이야기(2008), 곽영직 저, 자음과 모음
3. 갈릴레오의 두 우주 체계에 관한 대화(태양계의 그림을 새로 그리다)(2009), 오철우 저, 사계절

■ 시청각 자료_internet

1. 한국천문연구원: http://www.kasi.re.kr
2. 한국 과학 창의 재단 사이언스올: http://www.scienceall.com

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅲ-1 지구, 달, 태양 | 1 지구와 달 | 9 | 1~3 /16차시 | • 지구의 모양<br>• 지구의 크기<br>• 탐구 활동: 지구의 크기 측정<br>• 달의 크기<br>• 해 보기: 달의 크기 측정 |
| | 2 지구와 달의 운동 | | 4~6 /16차시 | • 지구의 자전<br>• 지구의 공전<br>• STEAM: 앙부일구의 과학<br>• 달의 모양 변화와 우리의 생활<br>• 탐구 활동: 달의 관측<br>• 과학 자료실: 음력과 24절기<br>• 보충 · 심화: 일식과 월식<br>• STEAM: 달을 산 사또 |
| | 3 태양 | | 7~9 /16차시 | • 태양의 표면<br>• 태양의 대기<br>• 태양 활동의 영향<br>• STEAM: 지구의 보호막, 지구 자기장 |
| Ⅲ-2 태양계 탐사 | 1 태양계의 구성 | 6 | 10~12 /16차시 | • 지구형 행성<br>• 목성형 행성<br>• 왜소 행성, 소행성, 혜성, 유성체<br>• 보충 · 심화: 금성의 다른 이름<br>• 탐구 활동: 행성 탐사 계획 세우기<br>• STEAM: 인류의 소행성 탐사 |
| | 2 천체의 관측 | | 13~15 /16차시 | • 망원경의 구조와 원리<br>• 체험 활동: 망원경의 구조와 설치 및 사용 방법<br>• 천체의 관측<br>• 탐구 활동: 달의 표면 관측<br>• 체험 활동: 우주를 꿈꾸는 사람들_우주 과학자 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 16/16차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
| --- | --- | --- | --- |
| 토의<br>실험 | • 지구의 모양에 대한 생각을 과학적 근거와 함께 토론법으로 평가한다.<br>• 에라토스테네스의 지구 측정 원리를 이해한 후, 같은 원리를 이용하여 지구의 크기를 측정하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 각지름을 이용해 달의 크기를 측정하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 중심각과 호의 길이를 이용해 달의 크기를 측정하는 과정을 보고서법으로 평가한다. | 116~121 | 156~161 |
| 토의<br>관찰<br>실험<br>조사 | • 지구의 자전과 공전으로 나타나는 현상에 대해 토론법으로 평가한다.<br>• 달의 모양 변화와 관련지어 밀물과 썰물이 생기는 원리를 보고서법으로 평가한다.<br>• 달의 모양과 위치를 관측하여, 달이 뜨는 시각과 위치의 변화를 이해하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 달의 모양 변화를 기초로 한 옛 풍습에는 무엇이 있는지 보고서법으로 평가한다.<br>• 일식과 월식의 원리에 대해 보고서법으로 평가한다. | 122~135 | 162~175 |
| 조사<br>토의 | • 태양의 표면과 대기에 대해 보고서법으로 평가한다.<br>• 태양의 활동이 우리에게 미치는 영향을 토론법으로 평가한다.<br>• 지구의 자기장에 대해 조사한 후, 지구의 자기장이 없다고 할 때 우리에게 미치는 영향을 토론법으로 평가한다. | 136~139 | 176~179 |
| 토의<br>조사 | • 지구형 행성과 목성형 행성을 물리량에 따라 구분할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 왜소 행성, 소행성, 혜성, 유성체에 대해 보고서법으로 평가한다.<br>• 모둠을 구성하여 행성을 하나 선택한 다음 이 행성의 과거 탐사 기록을 정리하고, 이 행성에서 무엇을 탐사할 것인지를 결정한 후, 구체적인 탐사 방법을 계획서로 만들어 발표하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다. | 142~151 | 180~189 |
| 실험<br>관찰 | • 굴절 망원경과 반사 망원경의 구조와 원리에 대해 보고서법으로 평가한다.<br>• 달의 모양, 뜨고 지는 시각 등을 사전에 조사한 후 천체 망원경을 이용하여 달의 표면 지형을 그리는 활동을 통하여 천체 망원경 조작 능력과 달 표면의 관측 능력을 실험 보고서법으로 평가한다. | 152~159 | 190~197 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 160~163 | 198~201 |

# 1-1 지구와 달

## 학습 내용 안내

(1) 지구의 모양이 둥글기 때문에 나타나는 현상을 안다.
(2) 에라토스테네스의 방법으로 지구의 크기를 측정해 본다.
(3) 각지름과 천체의 거리 사이의 관계를 이해한다.
(4) 달의 크기를 측정하는 원리를 이해한다.

## 학습 전개

지구의 모양에 대한 고대인의 생각을 알고, 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상을 설명하게 한다.



에라토스테네스가 지구의 크기를 측정한 방법을 알아보게 한다.



에라토스테네스의 방법으로 지구 모형의 크기를 측정해 보도록 한다.



천체까지의 거리와 각지름의 관계를 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr
- 한국 과학 창의 재단 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 천문학 및 천체 물리학(2010), Michael Zeilik 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 해와 달과 별이 뜨고 지는 원리(2009), 박석재 저, 도서출판 성우
- 극한의 우주(최대 최고 최악의 태양계 공간으로 떠나는 50일간의 우주여행)(2011), 데이비드 베이커 외 1저, 김옥진 역, 북로드
- 우주로의 여행2(1998), 윤홍식 외 1저, 청범출판사

Ⅱ. 태양계

# 1-1 지구와 달



오늘날 지구가 둥글다는 것은 인공위성이나 우주 탐사선에서 찍은 사진을 통해 쉽게 확인할 수 있다. 그렇다면 과학과 기술이 발달하지 못했던 시대의 옛날 사람들은 지구가 어떤 모습이라고 생각했을까?

**학습 목표**

- 지구와 달의 모양을 알고, 크기를 측정할 수 있다.

### 지구의 모양

옛날 사람들은 현재와 같은 관측기구가 없었고, 주위를 둘러보아도 편평한 땅과 바다만 보였기 때문에 당연히 지구는 편평한 모양이라고 생각하였다. 즉, 단순히 눈에 보이는 사실로부터 지구의 모양을 생각한 것이다.




❶ 그림 Ⅱ-1 고대인들이 생각한 우주관

116 Ⅱ. 태양계

## 과학 돋보기

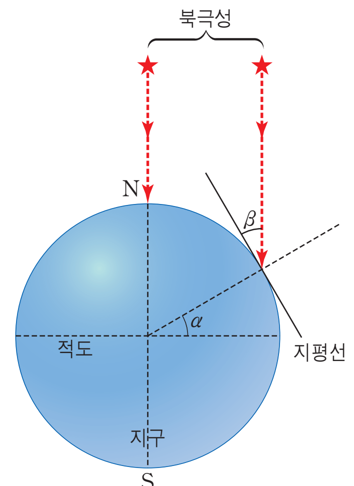
### ❀ 북극성의 고도

천체의 고도는 관측자의 지평선과 천체 사이의 각도를 의미한다. 따라서 북극성의 고도는 지평선과 북극성 사이의 각도로서, 관측자가 북극성을 올려다보았을 때 지면과 북극성 사이의 각도를 말한다.

북극성은 지구의 자전축을 연장한 곳에 위치하고 있기 때문에 북극성의 고도는 관측자가 위치한 지역의 위도와 같아진다. 즉, 북극 지역에서 북극성의 고도는 90°이며, 적도 지역에서 북극성의 고도는 0°이다.

지구가 둥글기 때문에 북극성의 고도는 적도에서 북극으로 갈수록 커지며, 관측자의 위도($\alpha$)는 북극성의 고도($\beta$)와 같게 된다.

나침반이 발명되기 이전에는 항해를 하거나 길을 잃었을 때 북극성을 보고 길을 찾을 수 있었다.




❷ 북극성의 고도




그림 Ⅱ-2 월식 때 지구 그림자에 가려진 달

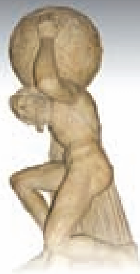


그림 Ⅱ-3 아틀라스 조각상

2세기에 만들어진 것으로 추정되는 로마의 아틀라스 조각상을 보면 둥근 지구를 어깨로 받치고 있다. 이것으로 보아 당시의 사람들 중 지구가 둥글다고 생각한 사람도 있었다는 것을 알 수 있다. 그러면 지구가 둥글다는 생각을 가진 사람들은 어떤 근거를 가지고 이런 생각을 하였을까?

고대 그리스의 아리스토텔레스는 월식 때 달에 비친 지구의 그림자가 둥근 것을 보고 지구의 모양이 둥글다고 생각하였다. 그는 먼 바다에서 항구로 들어오는 배의 모습을 보면 돛대의 윗부분이 먼저 보이고, 항구에 가까워지면서 배의 아랫부분이 보이는 현상이나 높은 곳으로 올라갈수록 먼 곳까지 볼 수 있다는 사실 등을 바탕으로 지구가 둥글다고 주장하였다. 또 북쪽으로 갈수록 북극성의 고도가 높아지는 것도 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상이라고 하였다.

1522년 마젤란 일행이 세계 일주에 성공함으로써 지구가 둥글다는 것이 처음으로 확인되었다.

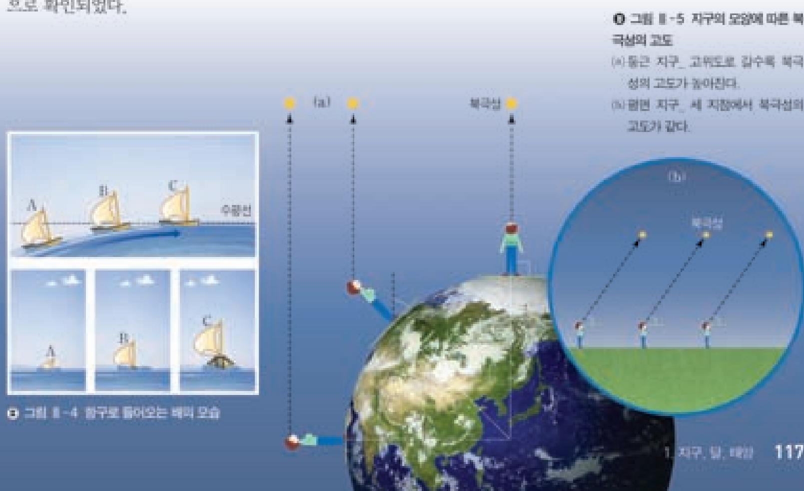



그림 Ⅱ-4 항구로 들어오는 배의 모습

그림 Ⅱ-5 지구의 모양에 따른 북극성의 고도
(a) 둥근 지구_ 고위도로 갈수록 북극성의 고도가 높아진다.
(b) 평면 지구_ 세 지점에서 북극성의 고도가 같다.

## ❀ 지구 모양이 둥글기 때문에 나타나는 현상

(1) **마젤란의 세계 일주** 지구는 둥글기 때문에 한 방향으로 계속 나아가면 처음에 출발한 지점으로 다시 돌아올 수 있다. 마젤란은 1519년에 스페인의 세비야 항에서 출발하여 1521년 필리핀에 도착하고 그곳에서 사망하였다. 그러나 다른 선원들은 1522년에 스페인으로 돌아와 세계 일주에 성공하였다.

(2) **동쪽으로 갈수록 해가 뜨는 시각이 빨라진다** 지구가 편평하다면 지구 상의 어느 곳에서나 해가 뜨는 시각이 같아야 한다. 동쪽으로 갈수록 해가 뜨는 시각이 빨라지는데, 우리나라의 경우 해가 가장 빨리 뜨는 곳은 독도이다.

(3) **남쪽으로 가면 새로운 별자리를 볼 수 있다** 경도를 따라 남쪽이나 북쪽으로 움직이면 새로운 별자리가 보인다. 지구가 편평하다면 항상 같은 별자리가 보여야 한다.

(4) **높이 올라갈수록 더 먼 곳까지 보인다** 지구가 편평하다면 고도에 관계없이 전 지표면이 다 보일 것이다. 그러나 둥글기 때문에 높은 곳으로 올라갈수록 시야가 넓어진다.

(5) **월식 때 달에 비친 지구 그림자 모습이 둥글다** 아리스토텔레스는 월식 때 달에 비친 지구 그림자의 모습이 둥글다는 사실로부터 지구가 둥근 형태라고 주장하였다.




## ❀ 아틀라스 조각상

그리스 신화에 따르면 아틀라스는 티탄신족으로서, 제우스에게 하늘을 떠받치고 있는 벌을 받았다고 한다. 아틀라스 조각상은 나폴리의 박물관에 보관되어 있는 것으로서, 떠받치고 있는 것은 둥근 하늘 또는 지구라고 하는데, 신화에 의하면 하늘이라고 보아야 한다. 그러나 둥근 구에 배, 동물 등이 있는 것으로 보아 둥근 세계(spherical world)를 짊어진 것이라고 생각할 수 있다.

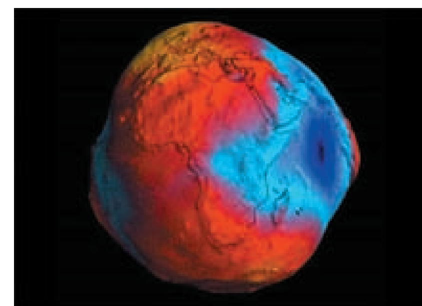
## ❀ 서울에서 샌프란시스코까지 가는 최단 거리

서울에서 샌프란시스코로 갈 때에는 같은 위도 상의 경로를 따라가는 것보다 앵커리지를 경유하는 경로가 더 짧다. 평면의 지도에서는 멀리 돌아가는 것처럼 보이지만 지구는 둥근 구이기 때문에 구면 상의 거리는 더 짧다. 이 항로를 대권 항로라고 한다.

## ❀ 지오이드

지구는 둥근 공 모양이라고 알고 있지만, 중력에 대해 수직인 면을 연결하여 나타낸 지구는 둥근 공과는 거리가 먼 울퉁불퉁한 모양이다. 지구는 지역마다 질량이 조금씩 다르기 때문에 중력 차이가 최대 100만분의 1까지 난다.

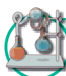
히말라야 산맥과 같이 암석이 많은 지역은 질량이 크기 때문에 중력도 다른 지역보다 크다. 또한 바다도 해류나 밀물, 썰물에 의해 생겨난 언덕과 계곡 때문에 질량의 차이가 나고, 중력도 다르다. 이렇게 지형에 따라 중력을 표시한 지도를 '지오이드'라고 한다.



유럽 우주국이 공개한 지구 중력장 지도

## 잠깐 체크

태양과 지구 사이의 거리가 매우 멀기 때문이다._ 태양과 지구 사이의 거리는 1억 5천만 km로서, 매우 멀기 때문에 태양의 한쪽 끝에서 방출된 빛과 반대쪽 끝에서 방출된 빛이 지구에 도달할 때는 최대로 0.5°(각지름) 정도의 각을 이룰 수 있다. 이 각도가 작기 때문에 에라토스테네스는 햇빛이 평행하다고 가정하고 지구의 크기를 계산하였다.



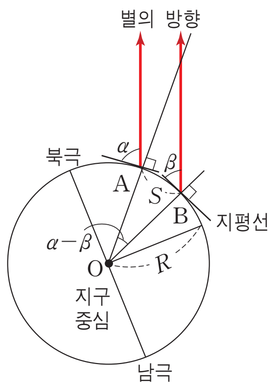
## 학습 자료실

### ❀ 오늘날의 지구 크기 측정 방법

별의 고도 차: $\alpha-\beta=\angle AOB$

$360^{\circ} : (\alpha-\beta)=2\pi R : S$

$\therefore R=\dfrac{S}{2\pi}\cdot\dfrac{360^{\circ}}{\alpha-\beta}$

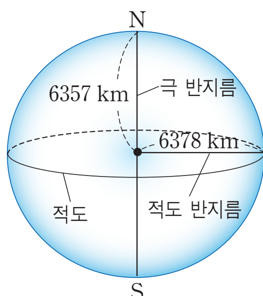



### ❀ 지구 타원체

모양과 크기가 실제의 지구와 가장 가까운 굴곡이 없는 기하학적인 타원체를 지구 타원체라고 한다. 지구가 타원체인 증거는 다음과 같다.

(1) **증거 1** 위도 1°에 해당하는 지표 상의 거리가 고위도로 갈수록 길어진다.

(2) **증거 2** 추시계가 고위도로 갈수록 빨라진다.




❷ 지구 타원체



### 지구의 크기

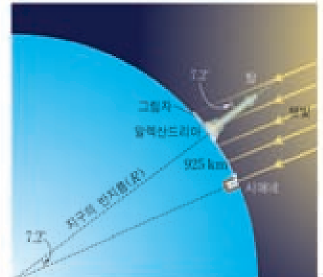
약 2,200년 전에 그리스의 에라토스테네스는 지구가 둥글다고 생각하고 그 크기를 측정하였다. 그는 어떤 방법으로 지구의 크기를 측정하였을까?

에라토스테네스는 하짓날 정오에 태양이 시에네에 있는 우물의 바닥을 수직으로 비출 때, 북쪽 방향으로 약 925 km 떨어져 있는 알렉산드리아의 높은 탑에는 햇빛이 약 7.2° 기울어져 들어온다는 것을 알았다.

**에라토스테네스**
(Eratosthenes : ?B.C. 275~?B.C. 194)
그리스의 수학자, 천문학자, 지리학자. 하지 때 두 지점의 고도 차와 거리를 이용하여 지구 둘레를 처음으로 계산하였다.




❸ 그림 Ⅱ-6 알렉산드리아와 시에네의 위치




❸ 그림 Ⅱ-7 에라토스테네스의 지구 크기 측정 방법

지구가 완전한 구형이고 지구로 들어오는 햇빛이 평행하다고 가정하면, 햇빛과 탑이 이루는 각도는 시에네와 알렉산드리아가 지구 중심과 이루는 각도와 같다. 원에서 중심각의 크기와 호의 길이는 비례하므로, 지구의 반지름을 $R$라고 하면 다음 식이 성립한다.

$$7.2^{\circ} : 925\text{ km} = 360^{\circ} : 2\pi R$$

에라토스테네스가 구한 지구의 반지름은 약 7,365 km로서, 오늘날 밝혀진 지구의 반지름인 약 6,400 km와 비교했을 때 15 % 정도 컸지만, 당시의 기술을 생각했을 때 매우 놀라운 측정값이라고 할 수 있다.

잠깐 체크 지구로 들어오는 햇빛이 평행하다고 가정할 수 있는 이유는 무엇인가?

118

## 교과서 돋보기

### ❀ 에라토스테네스의 지구 크기 측정

**(1) 가정**

① 가정 1: 지구는 완전히 구형이다.

② 가정 2: 지구로 들어오는 햇빛은 평행하다.

**(2) 결과**

① 결과 1: 두 도시 사이의 거리=925 km

② 결과 2: 하지 때 두 도시에서 태양의 남중 고도 차=7.2°

③ 결과 3: 두 도시와 지구 중심이 이루는 각도=7.2°

④ 결과 4: 7.2° : 360°=925 km : 지구의 둘레(≒46,250 km)

**(3) 오차 원인**

① 오차 원인 1: 두 도시가 정확하게 동일한 자오선 상에 있지 않다.

② 오차 원인 2: 지구는 완전한 구형이 아닌 타원체이다.

③ 오차 원인 3: 시에네(현재의 아스완)가 정확하게 북회귀선 상에 있지 않았다.

④ 오차 원인 4: 측량 기술이 발달하지 못하였다.

## 탐구 활동 지구의 크기 측정 측정

**목표**

지구 모형을 이용하여 지구의 크기를 측정하는 원리를 설명할 수 있다.

**준비물**

지구 모형, 고무찰흙, 빨대, 실, 줄자, 각도기, 셀로판테이프

**과정**

❶ 빨대 두 개를 준비하여 하나의 빨대에는 실을 통과시킨 다음, 두 개의 빨대 한쪽 끝을 각각 고무찰흙으로 막는다.

❷ 햇빛이 비치는 곳에 지구 모형을 놓고 두 지점의 표면에 각각 빨대를 수직으로 붙인다. 단, 실이 없는 빨대는 그림자가 생기지 않도록 한다.

❸ 빨대 끝의 실을 그림자 끝과 연결하여 각도기로 ∠BB′C의 크기를 측정하고, 줄자로 호 AB의 거리를 측정한다.

❹ 측정한 값을 표에 기록하고, 측정값을 이용하여 지구 모형의 크기를 구한다.

**탐구도우미**

원에서 중심각의 크기는 호의 길이에 비례한다.

**결과** 창의 · 인성

| ∠BB′C | 호 AB의 거리 |
|---|---|
| (　　　)° | (　　　) cm |

**해석**

1 ∠AOB와 ∠BB′C의 관계를 쓰고, ∠AOB의 크기를 구해 보자.

2 두 막대 사이의 거리와 ∠AOB를 이용하여 지구 모형의 크기를 구하는 식을 세우고, 지구 모형의 반지름을 계산해 보자.

3 이와 같은 방법으로 지구 모형의 크기를 구할 때 필요한 가정은 무엇인가?



## 탐구 활동 측정

### | 목표 |

지구 모형을 이용하여 지구의 크기를 측정하는 원리를 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 원에서 중심각의 크기와 호의 길이는 비례한다.

| 중심각 | 호의 길이 |
|---|---|
| 360° | $2\pi R$ |
| 180° | $\pi R$ |
| 90° | $\frac{1}{2}\pi R$ |
| 45° | $\frac{1}{4}\pi R$ |

2 원의 성질을 이용하려면 지구가 구형이고 햇빛은 평행하다는 가정이 필요하다. 지구가 완전한 구가 아니라면 호와 중심각 사이의 비례 관계가 성립하지 않으므로 지구의 크기를 구할 수 없다.

3 중심각 ∠AOB의 크기를 직접 잴 수 없으므로, 같은 경도 상에 연직 방향으로 세운 빨대 그림자에 의해 생긴 ∠BB′C를 측정한다(∠AOB와 ∠BB′C는 엇각이므로 그 크기가 같다.).

4 이 방법으로 지구 모형의 크기를 측정할 때 직접 측정해야 하는 값은 두 막대 A와 B 사이의 거리($l$)와 A와 B 사이의 중심각과 엇각으로 같은 ∠BB′C($\theta'$)이다.

### | 유의점 |

1 그림자가 잘 생기도록 햇빛이 강한 맑은 날 실시하거나 실내에서 백열전구를 사용한다. 이때 전구는 지구 모형에서 멀수록 평행 광선에 가깝게 되지만, 너무 멀면 빛이 약해지므로 적당한 거리를 두도록 한다.

2 지구 모형에 세우는 빨대가 너무 길면 각도가 좁아져서 실험값의 오차가 많이 생기게 되므로 짧은 빨대를 이용한다.

3 빨대 사이의 거리를 적절하게 조절하여 그림자가 지구 모형 너머로 넘어가지 않도록 주의한다.

4 거리와 각도를 측정할 때에는 소수 첫째자리까지 정확하게 측정한다.

5 시간의 여유가 있다면 측정을 여러 번 실시하여 평균값을 이용하면 측정에 따른 오차를 줄일 수 있다.

### | 결과(예시) | 창의 · 인성

| ∠BB′C | 호 AB의 거리 |
|---|---|
| (　18.5　)° | (　6.2　) cm |

### | 해석(예시) |

**1 ∠AOB와 ∠BB′C의 관계와 ∠AOB의 크기**

- ∠AOB와 ∠BB′C의 관계: 엇각
- ∠AOB의 크기: 18.5°

2 지구 모형의 반지름 크기를 $R$라고 하면, A와 B 사이의 거리($l$)와 A와 B 사이의 중심각($\theta$)의 크기는 비례하므로 다음과 같은 식이 성립한다.

$$360^\circ : 2\pi R = \theta : l$$

$$\rightarrow 360^\circ : 2\pi R = 18.5^\circ : 6.2\text{ cm}$$

즉, 지구 모형의 반지름($R$)은 19.2 cm이다.

**3 지구 모형의 크기를 구할 때 필요한 가정**

- 가정 1: 지구 모형은 구형이다.
- 가정 2: 지구 모형에 들어오는 햇빛은 평행하다.



**해 보기** 측정

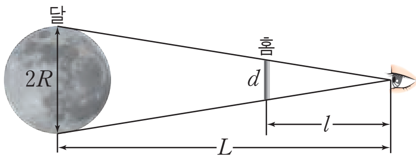
**|목표|**

달의 크기를 구하는 원리를 설명할 수 있다.

**|원리설명|**

1 눈과 홈의 지름 및 달의 지름을 연결하는 두 개의 삼각형이 서로 닮은꼴이다.

2 그림에서 $l : d = L : 2R$의 관계가 성립하므로, 지구에서 달까지의 거리를 알고 $l$과 $d$를 측정하면 달의 크기(반지름)를 계산할 수 있다.




**|유의점|**

1 달의 크기 측정은 밤에 실시하는 것이 좋지만, 밤에 관측할 수 없으면 낮에 달이 희미하게 보일 때를 이용한다. 달의 모양이 망과 하현 사이일 때(음력 15~22일)는 낮에도 희미하게 달을 볼 수 있으므로, 이 기간을 택하여 달의 크기를 측정한다.

2 종이 홈의 경계를 매끈하게 다듬어 종이 홈과 달이 정확하게 일치되도록 한다.

3 종이 홈의 너비가 클수록 오차는 줄일 수 있지만, 종이의 거리가 멀어지면 거리 측정이 어려워진다.

**|해석(예시)|**

1 홈과 눈 사이의 거리를 $l$, 홈의 너비를 $d$, 지구와 달 사이의 거리를 $L$, 달의 반지름을 $R$라고 하면, 눈과 홈의 지름 및 달의 지름을 연결하는 두 개의 삼각형이 서로 닮은꼴이므로, $l : d = L : 2R$의 식이 성립한다.

2 홈과 눈 사이의 거리를 89.4 cm, 홈의 너비를 0.8 cm, 지구와 달 사이의 거리를 38만 km라고 가정하면, 달의 반지름은 약 1,700 km이다.

3 지구의 반지름은 약 6,400 km이므로, 달의 크기는 지구 크기의 약 $\frac{1}{4}$이다.



**달의 크기**

달은 태양에 비해 매우 작지만 태양과 거의 비슷한 크기로 보인다. 그 이유는 무엇일까?

지구에서 천체를 볼 때 눈과 천체 지름의 양 끝이 이루는 각도를 **각지름**이라고 한다. 그림 Ⅲ-8과 같이 야구공을 손 위에 놓고 더 멀리 있는 축구공과 겹쳐 보이게 한다면 두 공의 각지름은 같다. 이와 같이 각지름이 같을 때 물체의 크기와 거리는 비례한다.

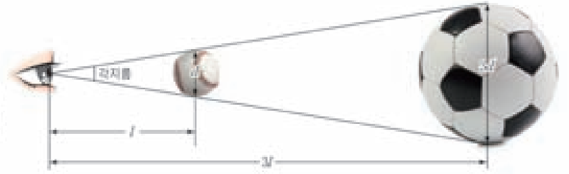



그림 Ⅲ-8 각지름_ 축구공이 야구공보다 3배 멀리 떨어져 있을 때 두 공의 각지름이 같다면 축구공의 지름이 야구공의 지름보다 3배 크다.

각지름을 이용하여 달의 크기를 어떻게 구할 수 있을까?

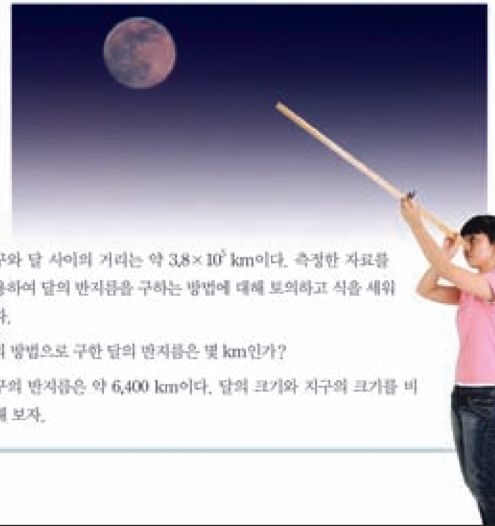


**해 보기** 달의 크기 측정 측정

**|과정|**

❶ 두꺼운 판지에 [1]과 같이 홈을 파서 1 m 막대자에 끼운다.

❷ 홈을 통해 보름달을 보면서 달의 지름이 홈과 일치하도록 홈과 눈 사이의 거리를 조절한다.



**|해석|**

1 지구와 달 사이의 거리는 약 $3.8 \times 10^5$ km이다. 측정한 자료를 이용하여 달의 반지름을 구하는 방법에 대해 토의하고 식을 세워 보자.

2 1의 방법으로 구한 달의 반지름은 몇 km인가?

3 지구의 반지름은 약 6,400 km이다. 달의 크기와 지구의 크기를 비교해 보자.

120 Ⅲ. 태양계

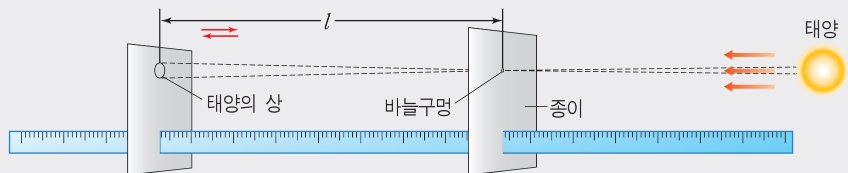


**이런 실험도 가능해요!** 바늘구멍 사진기를 이용한 태양의 크기 측정

**|과정|**

(1) 그림과 같이 두 개의 종이에 자를 끼우고, 한 개의 종이에는 바늘구멍을 뚫어 햇빛을 통과시켜 반대편 종이에 태양의 상을 얻는다.

(2) 태양 상의 지름을 $d$, 바늘구멍과 태양 상까지의 거리를 $l$, 태양과 바늘구멍 사이의 거리를 $r$라고 하면, 태양의 지름 $D$를 구할 수 있다.




**|결과|**

$d : l = D : r$의 관계식이 성립하므로, 태양의 지름 $D = \frac{rd}{l}$이다.




그림 Ⅱ-9 같은 배율로 촬영한 태양과 달_ 우리 눈에 달과 태양이 거의 비슷한 크기로 보이는 것은 각거리가 같기 때문이다.

홈(凹)의 너비를 $d$, 눈에서 홈까지의 거리를 $l$, 달의 반지름을 $R$, 지구와 달 사이의 거리를 $L$이라고 하면 다음 식이 성립한다.

$$d : l = 2R : L, \quad \therefore R = \frac{d \times L}{2 \times l}$$

또 중심각과 호의 길이가 비례하는 원의 성질을 이용하여 달의 크기를 구할 수도 있다. 지구에서 측정한 달의 각거리 0.5°를 중심각으로 하는 호의 길이는 달의 지름에 해당한다. 지구와 달 사이의 거리를 $L$, 달의 반지름을 $R$라고 하면

$$360° : 2\pi L = 0.5° : 2R, \quad \therefore R = \frac{0.5°}{360°} \times \pi L$$

지구와 달 사이의 거리는 약 38만 km이므로, 달의 반지름은 약 1,700 km인데, 이것은 지구 반지름의 약 $\frac{1}{4}$이다.

실제로는 태양이 달보다 훨씬 크지만, 각지름이 0.5°로 비슷하게 보이는 것은 태양이 달보다 지구로부터 훨씬 멀리 떨어져 있기 때문이다. 지구에서 태양까지의 거리는 지구에서 달까지의 거리의 약 400배이므로, 태양의 반지름은 달의 반지름보다 약 400배가 더 크다.

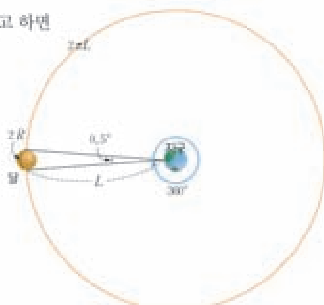



그림 Ⅱ-10 중심각과 호의 길이를 이용한 달의 크기 측정 원리

자기 주도 학습

개념 확인하기
북반구에서 고위도로 갈수록 북극성의 고도가 높아지는 이유는 무엇인가?

생활 속 문제 해결하기
태양은 달에 비해 아주 크지만, 개기 일식이 일어나면 달에 의해 태양이 완전히 가려진다. 이 원리를 설명해 보자.

1. 지구, 달, 태양 121

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

지구가 구형이기 때문이다._ 지구가 편평하다면 북극성의 고도는 변하지 않는다. 지구가 구형이기 때문에 북반구에서 천구의 북극에 위치하고 있는 북극성의 고도는 그 지방의 위도와 같은 값으로 나타난다. 적도에서 북극성의 고도는 0°이고, 고위도로 갈수록 북극성의 고도가 높아지며, 북극 지방에서 북극성의 고도는 90°가 된다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

천체의 각지름과 천체까지의 거리는 비례한다._ 달은 태양보다 매우 가까운 거리에 있는 천체이지만, 두 천체의 각지름이 같아서 지구의 관측자에게는 같은 크기로 보이기 때문에 달이 태양을 가릴 수 있다.

## 참고 자료 각지름

각지름은 물체를 보았을 때 물체의 양 끝과 눈 사이의 각도로서, 물체의 크기가 클수록 커지고, 물체의 거리가 멀어질수록 작아진다.

$$각지름 \propto \frac{물체의\ 크기}{거리}$$

손가락이나 주먹, 펼친 손의 크기를 이용하여 천체의 각지름을 가늠할 수 있다.

| 1° | 5° | 10° | 15° | 20° |
|---|---|---|---|---|




### 달의 거리 측정 방법과 거리 변화

달까지의 거리는 레이더에서 발사된 전파가 반사되어 되돌아오는 시간을 이용하여 구한다.

지구와 달 사이의 평균 거리는 약 38만 km이지만, 달이 지구 둘레를 타원 궤도를 그리며 돌기 때문에 지구와 달 사이의 거리는 근지점에서 약 363,000 km, 원지점에서 약 405,000 km이다.

### 달의 공전 각속도

달은 지구 둘레를 약 27.3일에 한 바퀴씩 돈다. 그러므로 공전 각속도는 360°÷27.3일≒13°/일이 된다. 그러나 지구가 하루에 약 1°씩 달의 공전 방향과 같은 방향으로 공전하므로 지구에 있는 관측자에게는 달이 13°/일에서 1°를 덜 움직인 것으로 관측된다. 즉, 12°/일의 각속도로 도는 것처럼 보이는데, 이것은 360°를 삭망월로 나눈 값과 거의 같다.

# 1-2 지구와 달의 운동

## | 학습 내용 안내 |

(1) 지구의 자전과 공전 때문에 나타나는 여러 가지 현상을 이해한다.
(2) 달의 공전 위치와 달의 모양 변화를 이해한다.
(3) 일상생활에서 달의 운동과 관련된 여러 가지 현상을 이해한다.

## | 학습 전개 |

해시계 사진이나 자료를 제시하고, 그 원리를 설명하게 한다.



별들의 일주 운동을 관찰하고, 지구의 자전과 연관 지어 원리를 설명하게 한다.



지구 공전 때문에 나타나는 현상에 대해 알아보게 한다.



관측을 통해 달의 모양 변화를 이해하고, 달의 운동이 일상생활에 주는 영향에 대해 알아보게 한다.

**찾아보기**

- 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr
- 한국 과학 창의 재단 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 한국 아마추어 천문학회 http://www.kaas.or.kr
- 천문학 및 천체 물리학(2010), Michael Zeilik 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 해와 달과 별이 뜨고 지는 원리(2009), 박석재 저, 도서출판 성우
- 지구와 우주(신화에서 별자리까지)(2005), 알랭 시루 저, 전세철 역, 북스캔

Ⅱ. 태양계

# 1-2 지구와 달의 운동



**학습 목표**
- 지구의 공전과 자전으로 나타나는 현상을 설명할 수 있다.
- 달의 모양 변화와 일상생활을 연관 지어 설명할 수 있다.

시계가 없었던 옛날에는 태양이나 별자리의 이동을 관찰하여 시각을 알 수 있었다. 이것은 어떤 원리를 이용한 것일까?

### 지구의 자전

지구는 자전하기 때문에 매일 낮과 밤이 반복된다. 아침에 동쪽 지평선에서 떠오른 태양은 일정한 속도로 서쪽으로 이동해 간다. 해시계를 이용하면 가운데 세운 막대의 그림자가 가리키는 방향으로부터 시각을 알 수 있다. 그렇다면 햇빛이 비치지 않는 밤에는 어떻게 시각을 알 수 있었을까?

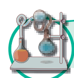
17세기에 유럽 사람들은 중앙에 구멍이 뚫려 있고 긴 막대가 연결된 기구를 이용하여 북극성과 북두칠성 중 두 별의 방향을 맞추어 시각을 알아내었다고 한다. 이와 같은 방법으로 밤에 시각을 알 수 있었던 것은 북두칠성을 이루는 별들이 일정한 속도로 회전하기 때문이다.

그림 Ⅱ-11 17세기 유럽에서 시각을 측정하던 기구



아하! 밤에는 별자리로 시각을 알 수 있구나.

122 Ⅱ. 태양계



## 학습 자료실

### ❀ 녹터널(1693년 제작, 런던 국립 해양 박물관 소장)

16세기부터 18세기까지 사용된 녹터널은 밤에 별을 보고 시각을 측정하는 데 쓰인 도구이다. 먼저 날짜와 맞춘 후, 녹터널을 최대한 높이 들어 올려서 가운데 구멍을 통해 북극성이 보이도록 조정한다. 그런 다음 막대를 돌려서 북두칠성의 국자 손잡이에 해당하는 별에서 가장 멀리 떨어진 두 별과 평행이 되게 맞추면 막대가 가리키는 눈금이 현재 시각을 나타낸다.



Ⓐ 녹터널

### ❀ 앙부일구

앙부일구는 1437년에 장영실 등에 의해 처음으로 만들어져 우리나라 최초의 공중 시계 역할을 하였으나, 임진왜란 때 유실되었다. 현재 서울특별시 종로구에 위치한 창덕궁에 소장된 것은 2~3세기가 지난 후에 다시 만들어진 것이다. 이 해시계는 반구형의 솥 모양에 네 개의 발이 달려 있으며, 동지에서 하지에 이르는 24절기를 13개의 계절선으로 나타내고, 이 선에 수직으로 시각선을 그었으며, 영침은 북극을 향해 비스듬히 세워져 있다.

북쪽 하늘을 향해 몇 시간 동안 사진을 찍어 보면 북극성을 중심으로 그 주변의 별들이 시계 반대 방향으로 한 시간에 15°씩 회전한다는 것을 알 수 있다.

별뿐만 아니라 태양, 달 등의 천체들도 북극성을 중심으로 하루에 한 바퀴씩 도는 것처럼 보이는데, 이러한 현상을 **일주 운동**이라고 한다. 천체의 일주 운동은 지구가 하루에 한 번씩 서쪽에서 동쪽으로 자전하기 때문에 나타나는 겉보기 운동이다. 이 때 북극성은 지구의 자전축 위쪽에 있기 때문에 일주 운동의 중심으로 보인다.

그림 Ⅱ-12 북쪽 하늘 별들의 일주 운동




그림 Ⅱ-13 동쪽, 남쪽, 서쪽 하늘에서의 일주 운동

옛날 사람들은 이와 같은 천체의 일주 운동을 눈에 보이는 대로 태양이나 별이 지구 둘레를 돌고 있기 때문이라고 생각하였다. 그러나 오늘날에는 일정한 궤도를 따라 도는 인공위성의 위치가 계속 서쪽으로 이동하는 것을 보면 지구가 자전하고 있음을 확실히 알 수 있다.




그림 Ⅱ-14 인공위성 궤도의 서편 현상. 공전 주기가 2시간인 인공위성을 A 지점 상공에서 관측하였다면 2시간 후에는 서쪽으로 30°만큼 이동한 B 지점의 상공에서 관측된다.

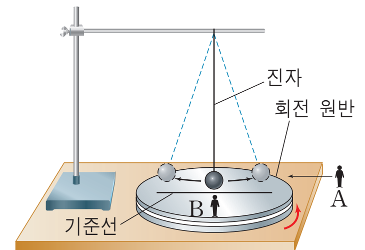
123




## ❀ 지구 자전의 증거

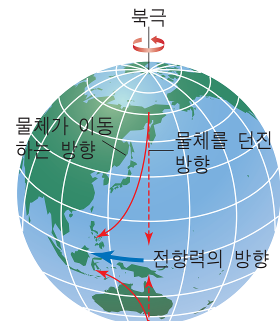
(1) **푸코 진자의 회전** 1851년 프랑스의 푸코는 파리의 판테온 사원에 길이가 67 m인 진자를 설치하고 진동면의 변화를 관찰한 결과, 진자의 진동면이 약 32시간 동안 시계 방향으로 한 바퀴 도는 것을 확인하였다. 만약 지구가 자전하지 않는다면 진자의 진동면은 변하지 않을 것이므로 이러한 현상은 지구가 자전하고 있다는 확실한 증거가 된다.

그림과 같이 회전 원반 밖의 A에서 보면 진자의 진동면의 방향이 변하지 않지만, 회전 원반 위의 B에서 보면 원반이 회전하는 방향과 진자의 진동면이 반대 방향으로 회전하는 것처럼 보인다. 마찬가지로 자전하는 지구에서 보면 일정한 방향으로 진동하는 진자의 진동면이 회전하는 것처럼 보인다.




❸ 푸코 진자의 진동면 회전

(2) **전향력** 물체는 북반구에서 진행 방향에 대하여 오른쪽으로 편향되어 운동하는데, 이것은 지구의 자전 때문에 나타나는 현상으로서, 이러한 가상적인 힘을 전향력 또는 코리올리의 힘이라고 한다. 만약 지구가 자전하지 않는다면 전향력의 효과는 나타나지 않는다.



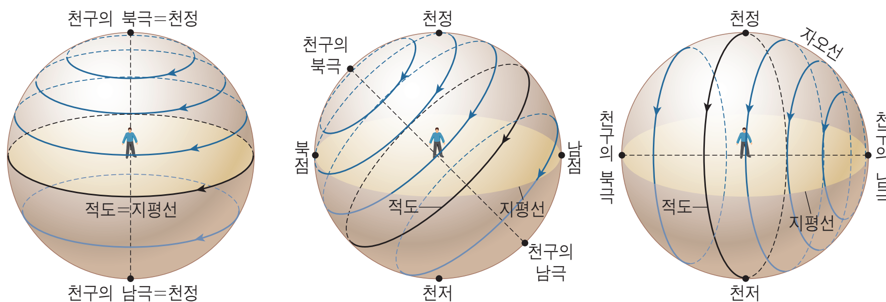

❸ 전향력

## ❀ 위도에 따른 별의 일주 운동

(1) **북극 지방** 하루에 한 바퀴씩 시계 반대 방향으로 돌며 지평선 위에 있는 모든 별을 볼 수 있다.

(2) **중위도 지방** 자전축이 지평면에 대하여 기울어져 있어 주극성, 출몰성, 전몰성을 모두 볼 수 있다.

(3) **적도 지방** 동쪽 지평선 상에 수직으로 떠올랐다가 서쪽 지평선 상에 수직으로 지며, 남쪽과 북쪽의 모든 별을 볼 수 있다.




❸ 별의 일주 운동

학습 자료실

### ❀ 지구 공전의 증거

(1) **연주 시차** 별의 연주 시차가 나타나는 현상은 지구 공전의 증거이다. 지구가 태양의 둘레를 공전한다면 지구에서 가까이 있는 별은 먼 별에 대하여 상대적인 위치가 변하게 된다. 연주 시차는 별의 거리가 멀어질수록 작아지므로 관측하기가 쉽지 않다. 1838년에 독일의 베셀이 백조자리 61번 별의 연주 시차를 처음으로 측정하였는데, 그 크기는 0.3″ 정도였다.

현재 연주 시차의 값이 가장 큰 별은 켄타우루스 $\alpha$자리의 별(프록시마)로서, 그 크기가 0.76″ 정도이고, 지구로부터의 거리는 약 4.3광년이다.

(2) **연주 광행차** 별빛이 공전하고 있는 지구 상의 관측자에게는 실제의 위치보다 약간 앞쪽 방향에서 오는 것처럼 보인다. 그래서 망원경을 $\theta$만큼 기울여야 정확하게 관측할 수 있는데, $\theta$를 연주 광행차라고 한다. 연주 광행차로 지구의 공전을 증명할 수 있다. 또한 연주 광행차를 이용하면 지구의 공전 속도를 구할 수 있는데, 연주 광행차를 이용하여 구한 지구의 공전 속도는 약 30 km/s이다.

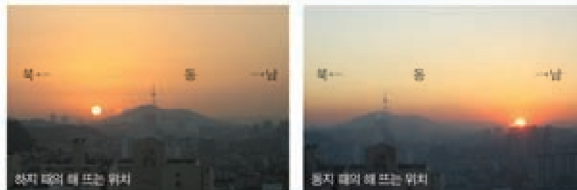
(3) **별빛 스펙트럼** 광원과 관측자가 서로 가까워지면 스펙트럼은 파장이 짧은 청색 쪽으로 치우치고, 반대로 멀어지면 스펙트럼은 파장이 긴 적색 쪽으로 치우치는 도플러 현상에 의해 지구의 공전을 증명할 수 있다.

### ❀ 별자리 변화

1년을 주기로 밤하늘을 관측해 보면 계절에 따라 보이는 별자리가 달라진다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 별자리가 변하는 것은 지구가 공전하기 때문에 나타나는 현상으로서, 이동 방향은 일주 운동과 같은 방향인 동쪽에서 서쪽이고, 주기는 1년이다. 그러나 이러한 현상은 태양이 지구 둘레를 돈다고 해도 설명이 될 수 있으므로 지구의 공전을 증명할 수는 없다.

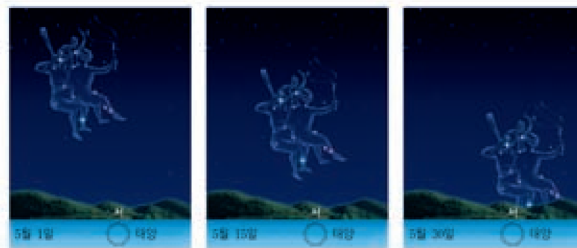
**지구의 공전**

지구가 자전하기 때문에 태양이 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지는 현상은 매일 반복되지만, 태양이 뜨는 시각과 위치는 1년을 주기로 변한다.




⊙ 그림 Ⅱ-15 계절에 따른 태양이 뜨는 위치 변화_ 하지 때에는 북쪽으로 치우쳐서 뜨고, 동지 때에는 남쪽으로 치우쳐서 뜬다.

또한 해가 진 직후 서쪽 지평선 부근에 있는 별자리를 관측해 보면 아래 그림과 같이 매일 조금씩 서쪽으로 이동한다는 사실을 알 수 있다. 그 이유는 무엇일까?




⊙ 그림 Ⅱ-16 별자리의 이동

별자리는 하늘에 고정되어 있다. 따라서 해가 진 직후에 지평선 근처의 별자리가 변하는 것은 태양이 별자리 사이를 이동하여 위치가 달라졌기 때문이다.

이러한 운동을 계속 관측하면, 태양이 별자리 사이를 하루에 약 1°씩 동쪽으로 이동하여 1년 후에는 처음의 별자리로 되돌아온다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 운동을 태양의 **연주 운동**이라고 한다.

태양의 연주 운동은 지구가 태양의 둘레를 서쪽에서 동쪽으로 1년에 한 바퀴씩 공전하기 때문에 나타나는 현상이다.

124 Ⅱ. 태양계

**✚ 참고 자료** 왜 지구의 공전 속도를 느끼지 못할까?

태양을 중심으로 지구가 공전하는 원의 둘레를 시간으로 나누면 공전 속도가 된다.

$$\frac{\text{지구가 공전하는 궤도의 둘레}}{\text{시간}} = \text{공전 속도}$$

즉, 지구가 1시간 동안 공전하는 궤도의 길이 107,248 km를 3,600초로 나누면 공전 속도는 약 30 km/s가 된다.

지구의 공전 속도는 평균 30 km/s 정도인데, 이 속도는 지구의 지름은 7분 만에, 달까지의 거리는 4시간 만에 통과할 수 있는 속도이다.

지구가 빠른 속도로 움직이고 있는데도 느끼지 못하는 이유는 지구의 중력 때문이다. 지구 상의 모든 물체는 중력에 의해 지구 중심으로 이끌리는데, 이 힘은 지구 자전 때문에 생기는 원심력보다 훨씬 크다. 예를 들어, 고속도로에서 자동차가 일정한 속도로 달릴 때, 밖이 보이지 않는다면 속도감을 느낄 수 없다. 이와 같이 지구는 계속 일정한 속도로 돌고 있기 때문에 지구의 공전 속도를 느끼지 못하는 것이다.

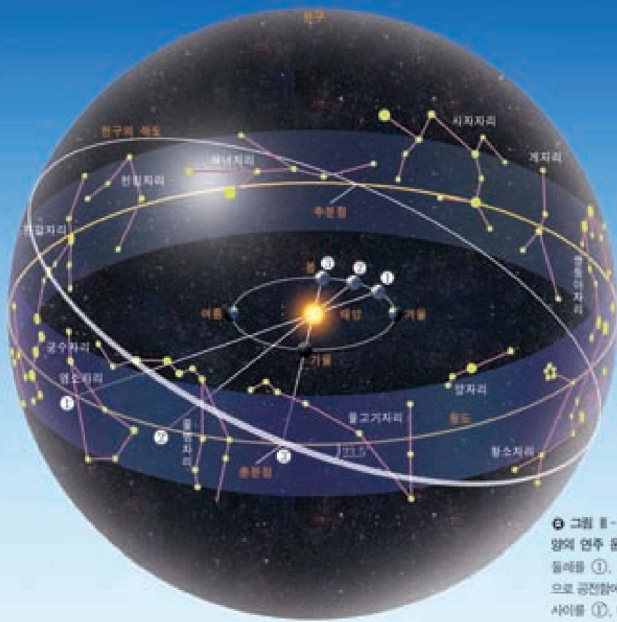


그림 Ⅱ-17 황도 12궁과 태양의 연주 운동_ 지구가 태양의 둘레를 ①, ②, ③, …의 방향으로 공전함에 따라 태양이 별자리 사이를 ①, ②, ③, …의 위치로 옮겨 가는 것처럼 관측된다.

태양이 연주 운동을 하면서 별자리 사이를 지나는 길을 **황도**라고 하며, 그 길목에 있는 12개의 별자리를 **황도 12궁**이라고 한다.

지구의 자전축은 황도와 약 66.5° 기울어져 있기 때문에 황도는 천구의 적도와 약 23.5°의 경사를 이룬다. 따라서 황도와 천구의 적도는 두 점에서 만나게 된다.

천구의 적도와 황도가 만나는 두 점 중에서 태양이 남쪽에서 북쪽으로 지나는 점을 **춘분점**, 북쪽에서 남쪽으로 지나는 점을 **추분점**이라고 한다. 그리고 태양이 천구의 적도에서 북쪽으로 가장 멀리 떨어진 황도 상의 점을 **하지점**, 남쪽으로 가장 멀리 떨어진 황도 상의 점을 **동지점**이라고 한다.

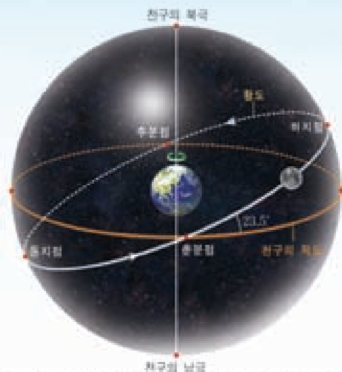



그림 Ⅱ-18 천구_ 하늘의 천체들은 관측자를 중심으로 하여 커다란 구에 달라붙어 있는 것처럼 보인다. 이렇게 표현한 가상의 구를 천구라고 한다.

잠깐 체크 지구의 자전축이 황도로부터 기울어진 각도는 몇 도(°)인가?



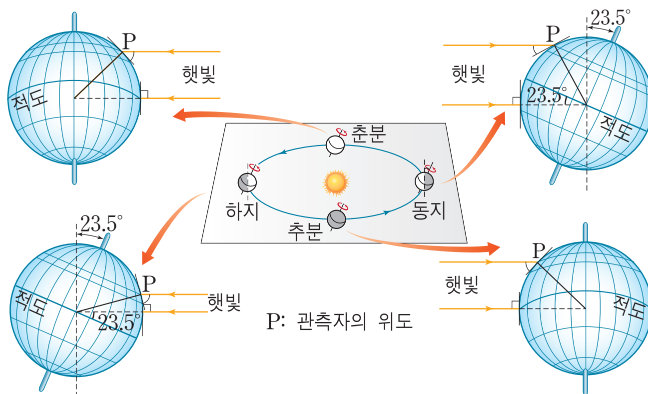
**잠깐 체크**

지구의 자전축이 공전 궤도면에 대하여 약 66.5° 기울어져 있고, 황도는 천구의 적도에 대하여 약 23.5° 기울어져 있다.

## 과학 돋보기

### 지구의 자전축과 계절의 변화

지구의 자전축은 공전 궤도면에 대하여 약 66.5° 기울어져 있으며, 기울어진 방향은 공전 궤도 상에서의 지구의 위치에 관계없이 일정하다. 그러므로 태양의 남중 고도는 공전 궤도 상에서의 지구의 위치에 따라 달라진다.




❸ 지구의 자전축과 계절의 변화

## 학습 자료실

### 황도

태양이 천구 상에서 별자리 사이를 이동해 가는 길을 황도라고 한다. 태양이 천구 상의 어떤 별자리에서 출발하여 출발한 자리로 다시 되돌아오는 데 걸리는 시간은 1년이다. 이것은 지구가 태양 둘레를 1년에 한 바퀴씩 공전하기 때문에 나타나는 현상이므로, 황도는 지구의 공전 궤도면을 확장하여 천구와 만나서 생기는 원이다. 따라서 황도면은 지구의 공전 궤도면과 일치한다.

### 황도 12궁

공전 궤도 상의 지구의 위치에 따라 천구 상에서 태양 주변에 있는 별자리를 매월 정하여 이것을 황도 12궁이라고 하는데, 밤하늘에서 잘 볼 수 있는 별자리는 황도 상에서 태양의 위치와 반대편에 있는 별자리이다.

황도 12궁은 천칭자리를 제외하면 모두 생물인데, 7개는 동물이고, 4개는 인간이다. 켄타우루스인 궁수는 반은 말이고, 반은 인간이다. 그래서 고대 그리스에서는 황도 12궁을 '작은 동물원'이라고 부르기도 하였다.

### 황도와 적도 좌표계

| 구분 | 적경 | 적위 |
| --- | --- | --- |
| 춘분점 | $0^h$ | 0° |
| 하지점 | $6^h$ | 23.5° |
| 추분점 | $12^h$ | 0° |
| 동지점 | $18^h$ | −23.5° |

### 공전 궤도 이심률

태양을 돌고 있는 지구의 공전 궤도는 원에 가까운 타원이다. 궤도 이심률은 타원 궤도의 일그러진 정도로서, 숫자가 작을수록 원에 가깝고, 숫자가 클수록 럭비공처럼 많이 찌그러졌다는 것을 의미한다.

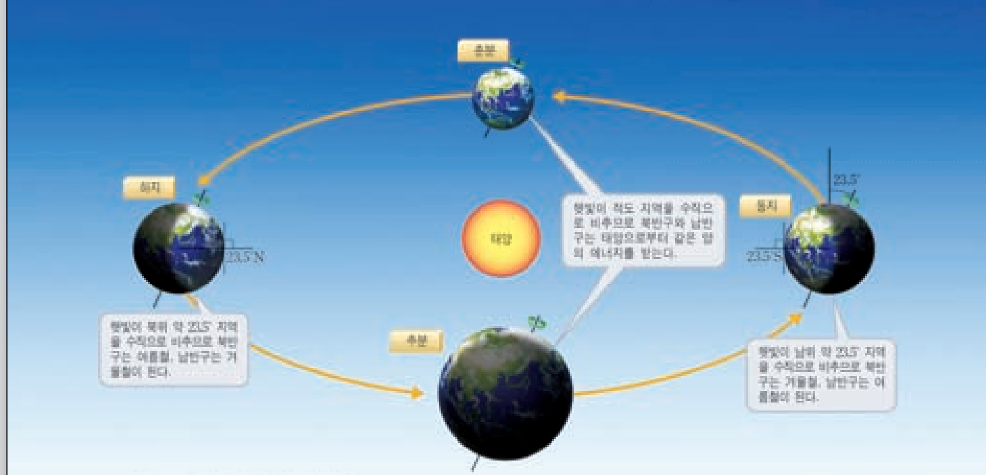



### ❀ 일출, 남중, 일몰 시각

아래 표와 같이 정동진에서 일출과 일몰 시각을 보면, 춘분이나 추분일 때 낮과 밤의 길이가 비슷하고, 하지나 동지로 가면서 낮과 밤의 길이가 변한다는 것을 알 수 있다.

❸ 정동진에서의 일출과 일몰 시각

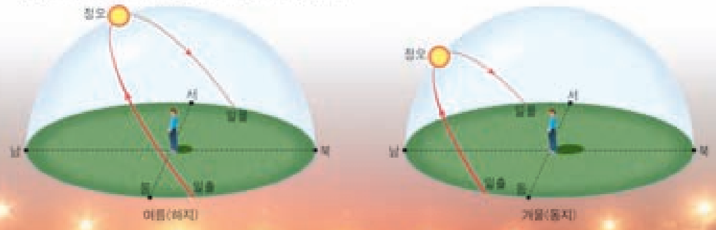
| 날짜 \ 구분 | 일출 | 남중 | 일몰 |
|---|---|---|---|
| 3월 21일(춘분) | 06:29 | 12:31 | 18:35 |
| 6월 22일(하지) | 05:05 | 12:26 | 19:47 |
| 7월 23일(추분) | 06:14 | 12:16 | 18:18 |
| 12월 22일(동지) | 07:37 | 12:22 | 17:07 |




❸ 그림 Ⅱ-19 지구의 공전 궤도와 계절의 변화

지구의 자전축은 황도와 약 66.5° 기울어져 있기 때문에 계절에 따라 태양의 일주 운동 경로가 달라진다. 그 결과 태양의 고도와 낮의 길이가 달라져 지표면이 받는 태양 복사 에너지의 양이 변하므로 계절의 변화가 생긴다. 즉, 여름철에는 태양의 남중 고도가 높고 낮의 길이가 길기 때문에 단위 면적당 도달하는 태양 복사 에너지가 많아 날씨가 덥다. 반대로, 겨울철에는 태양의 남중 고도가 낮고 낮의 길이가 짧기 때문에 날씨가 춥다.

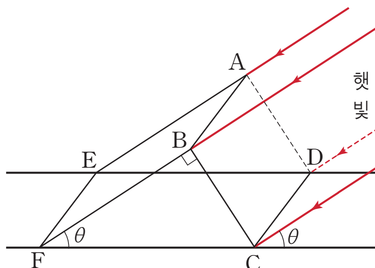
❸ 그림 Ⅱ-20 계절에 따른 태양의 일주 운동 경로와 낮의 길이




❸ 그림 Ⅱ-21 고위도 지방에서의 태양의 일주 운동_ 지구의 자전축이 기울어져 있기 때문에 극지방과 고위도 지방에서는 여름철에 해가 지평선 아래로 지지 않는 현상이 나타난다.

### ❀ 태양의 고도와 일사량

그림과 같이 사각형 ABCD는 햇빛이 수직으로 비치는 면이고, 사각형 EFCD는 햇빛을 비스듬히 받는 면이다. 이때 사각형 ABCD에 비치는 햇빛의 양과 사각형 EFCD에 비치는 햇빛의 양은 같다. 그러나 면적은 사각형 EFCD가 더 넓으므로 단위 면적에 비치는 햇빛의 양은 햇빛이 수직으로 비치는 사각형 ABCD에 더 많다.




❸ 태양의 고도와 일사량

### ❀ 태양 복사 에너지의 입사량과 기온

북반구에서 지면에 태양 복사 에너지가 가장 적게 들어오는 때는 동지이고, 가장 많이 들어오는 때는 하지이다. 그러나 우리나라에서 가장 더울 때와 추울 때는 하지와 동지로부터 약 한 달이 지난 때이다. 이러한 현상이 나타나는 것은 지구의 대기와 바다가 입사된 태양 복사 에너지를 저장해 두어 가열과 냉각되는 데 시간이 걸리기 때문이다.

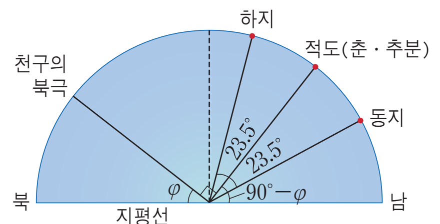



### ❀ 계절에 따른 태양의 남중 고도 변화

춘분날과 추분날에는 햇빛이 적도 위를 90°로 비추고, 하짓날에는 햇빛이 북위 23.5°, 동짓날에는 남위 23.5° 위를 90°로 비춘다.

- 춘분, 추분 때: $h=90°-\varphi$
- 하지 때: $h=90°-\varphi+23.5°$
- 동지 때: $h=90°-\varphi-23.5°$

(관측자의 위도: $\varphi$, 태양의 남중 고도: $h$)




❸ 태양의 남중 고도

### ❀ 항성년과 회귀년(태양년)

항성년은 태양이 어느 한 별에서 출발하여 다시 그 자리로 되돌아오는 데 걸리는 시간으로서, 지구의 공전 주기인 365.2564일이다.

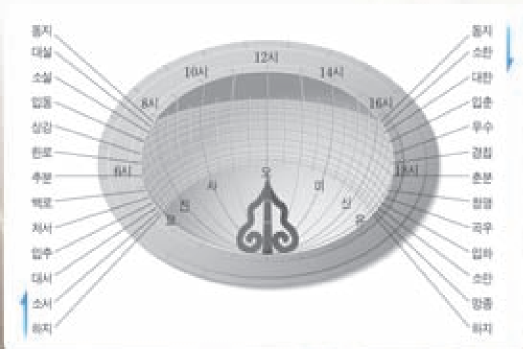
회귀년은 태양이 춘분점을 출발하여 다시 춘분점으로 되돌아오는 데 걸리는 시간으로서, 365.2422일이다. 이 주기는 곧 계절 주기와 일치하므로 실제 생활에서는 회귀년을 사용한다.

## 앙부일구의 과학

STEAM 융합

앙부일구는 종로 혜정교와 종묘 앞에 설치한 우리나라 최초의 공중 해시계로서, 글을 모르는 백성들을 위해 12지신을 그림으로 그려 시각을 쉽게 알 수 있게 하였다. 당시 서양에서 쓰이던 해시계는 그림자가 닿는 면이 편평한 평면형이 대부분이었지만, 앙부일구는 오목형 해시계로 만들어졌다. 또한 앙부일구는 청동으로 몸통을 만든 뒤 검은 칠을 하고, 글자와 선을 은상감으로 새겨 넣어 예술품으로도 손색이 없다. 이와 같은 앙부일구는 세계 어디에 내놓아도 자랑스러운 해시계이며, 우리의 과학 문화유산으로서도 가치가 매우 큰 유물이다.

❶ 하루 동안 태양의 움직임_ 하지 때는 태양의 고도가 높고, 동지 때는 태양의 고도가 낮으므로 영침의 그림자 끝이 가장 아래 선에 닿으면 하지이고, 영침의 그림자 끝이 가장 위의 선에 닿으면 동지이다. 또한 해가 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지므로 하루 동안 그림자의 끝은 서쪽에서 점점 동쪽으로 이동한다.






❷ 시각과 계절 읽기의 원리_ 오목한 시계판에 세로선 7줄과 가로선 13줄을 그었는데, 세로선은 시각을 나타내는 선이고, 가로선은 계절을 나타내는 선이다. 해가 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지는 동안 생기는 그림자 끝이 시각선에 비추어 시간을 알 수 있는 원리이다. 또 절기마다 태양의 고도가 달라지기 때문에 계절선에 나타나는 그림자 높이가 다른 것을 보고 24절기를 알 수 있다.

1. 지구, 달, 태양 127

### 학습 자료실

#### ❀ 서양의 시계

최초의 시계는 한 개의 막대를 땅 위에 세웠던 '그노몬'이었다. 최초의 해시계는 바빌로니아 이집트에서 만들어져 여러 나라에 전해졌다. 그러나 해시계는 밤이나 날씨가 궂은 날에는 무용지물이었기 때문에 물시계, 모래시계, 불시계 등이 고안되었다.

그 후, 유럽에서는 18세기 중엽부터 19세기 말에 걸쳐 1년마다 평균을 내어 평균 태양일을 정하고, 이것을 24등분한 뒤 시, 분, 초를 이용해 시각을 나타냈다.

#### ❀ 우리나라의 시계

시각을 측정하기 위해 많은 기구를 만들어 사용했는데, 이 기구들은 매우 정교하여 우리 조상들의 슬기와 과학성을 엿볼 수 있다.

(1) **자격루**　자동으로 시각을 알려주는 물시계이다. 이것은 일정하게 흘러내리는 물의 양을 재어 시각을 측정한다.

(2) **혼천시계**　해와 달, 별의 움직임을 측정하는 기구로서, 서양의 추시계와 동양의 혼천의가 결합된 형태의 시계이다. 장소의 제약을 받지 않아 실내에서도 시각을 측정할 수 있다는 장점이 있다.

### 이런 실험도 가능해요!　휴대용 간이 해시계 만들기

**| 과정 |**

(1) 투명 용지를 오른쪽의 해시계 견본에 대고 견본의 그림을 옮겨 그린다.

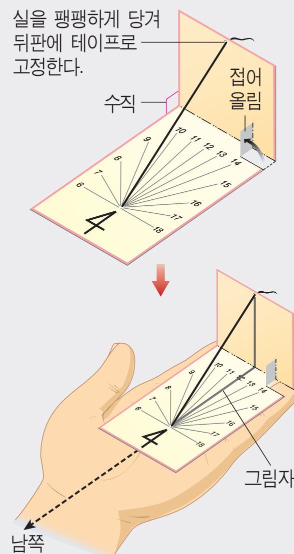
(2) 옮겨 그린 그림의 외곽선을 오린 다음, 같은 크기로 자른 두꺼운 도화지에 붙인다.

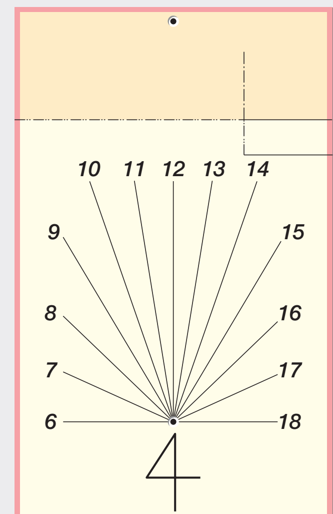
(3) 점선을 따라 해시계를 접은 후, 실을 구멍 속으로 넣는다.

(4) 해시계의 밑판과 뒤판이 90°를 유지하도록 실의 양 끝을 고정시킨다.

(5) 햇빛이 드는 창가에서 해시계가 수평이 되도록 하고, 해시계의 남쪽 방위와 남쪽 방향을 일치시킨다.

(6) 실의 그림자 위치에 따라 해시계를 읽는다.




❷ 해시계 견본

## 탐구 활동 관측

**| 목표 |**

달을 관측하여 달의 모양과 위치 및 달이 뜨는 시각이 어떻게 변하는지 설명할 수 있다.

**| 원리 설명 |**

1 달의 모양은 29.5일을 주기로 변한다.

2 달이 서쪽에서 동쪽으로 공전하므로 달이 뜨는 위치는 매일 동쪽으로 이동한다.

3 달은 하루에 약 13°씩 동쪽으로 이동하므로 관측자가 지평면에서 같은 위치에서 달을 보려면 지구는 약 50분 더 자전해야 한다.

**| 유의점 |**

1 미리 달을 관측하도록 과제를 제시한다.

2 방위판을 이용하여 정확한 위치와 모양을 기록하도록 지도한다.

**| 결과 |**

1 초승달 모양

2 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

**| 해석 |** 창의 · 인성

1 달의 모양은 초승달–상현달–보름달 모양으로 점점 차오르고, 초저녁 달의 위치는 서쪽 지평선 근처에서 관측되기 시작하여 점점 동쪽으로 이동하며, 음력 15일경에는 동쪽 지평선 근처에서 관측된다.

2 음력 2일의 초승달로부터 13일이 걸려 보름달로 관측된다.

3 하루에 약 50분씩 늦게 동쪽 하늘에서 뜬다.

**| 관련 지식 |**

**❀ 낮 시간의 달 관측**

달의 모양이 보름달을 지나 하현으로 가면, 아침에 달이 있는 위치는 서쪽 하늘에서 점차 남쪽 하늘로 이동한다. 햇빛이 강한 맑은 날에는 달을 관측하기 어렵지만, 기상 상황에 따라 희미한 달을 관측할 수 있다.

**달의 모양 변화와 우리의 생활**

달은 태양과 마찬가지로 둥근 천체이다. 그러나 달이 눈썹 모양으로 보이기도 하고 반원 모양으로 보이기도 하는 이유는 무엇일까?

**탐구 활동** 달의 관측 관측

목표: 달을 관측하여 달의 모양과 위치 및 달이 뜨는 시각이 어떻게 변하는지 설명할 수 있다.

준비물: 방위판, 필기도구

**과정**

초승달이 보이는 날부터 해가 진 직후에 달의 모양과 위치를 관찰하고, 어떻게 움직이는지 살펴본다. 이틀 간격으로 보름 동안 이 과정을 되풀이하여 관찰한 결과를 다음 표와 같이 기록한다.

| 날짜(음력) | 달의 위치 | 달의 모양 | 달의 움직임 |
|---|---|---|---|
| 2일 | 서쪽 하늘 | | 서쪽 지평선 부근에서 보이다가 잠시 후 지평선 아래로 진다. |
| 4일 | | | |
| | | | |

탐구도우미

1. 달의 위치를 관측할 때에는 방위판을 사용하여 정확한 위치와 모양을 기록해 둔다.
2. 인터넷에서 관측 기간 동안의 달의 모양과 위치 변화를 찾아보고, 자신의 관측 결과와 비교해 본다.

**결과**

1 음력 2일경과 5일경에 나타나는 달은 어떤 모양인가?

2 음력 2일 → 8일 → 15일로 가면서 초저녁에 보이는 달의 위치는 어떻게 변하는가?

**해석** 창의 · 인성

1 달의 모양과 위치는 날짜가 지남에 따라 어떻게 변하는가?

2 초승달에서 보름달까지 변하는 데에는 며칠이 걸리는가?

3 보름달 이후에는 달이 뜨는 시각이 어떻게 변하는지 조사해 보자.

128 Ⅱ. 태양계




**❀ 백도**

지구 주위를 도는 달의 공전 궤도를 천구 상에 투영한 대원으로서, 백도는 황도와 약 5°의 경사를 이루며, 지구의 적도와는 18.30°～28.60°의 경사를 이룬다. 백도가 황도를 남에서 북으로 가로지르는 점을 승교점, 북에서 남으로 가로지르는 점을 강교점이라고 한다.

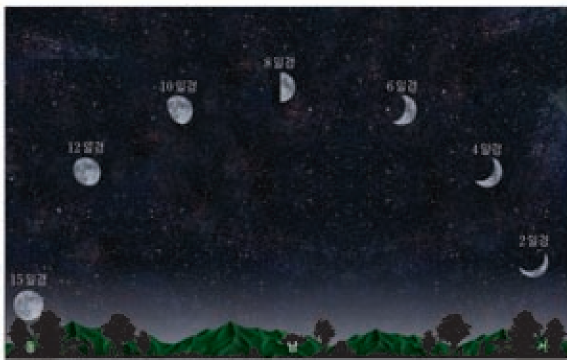
**❀ 달의 칭동**

지구에서 달을 바라보면 항상 같은 면만 볼 수 있다. 그러나 망원경으로 자세히 관찰해 보면, 달 뒤쪽 면의 일부가 주기적으로 약간 보였다 숨었다 하는데, 이러한 현상을 칭동이라고 한다. 칭동 현상 때문에 지구에서는 달 표면의 59 % 정도를 볼 수 있다.

(1) **경도 칭동** 달의 타원 궤도 때문에 나타나는 현상이다. 달의 타원 궤도에 의해 공전 속도에 변화가 생겨 좌우로 진동하게 된다.

(2) **위도 칭동** 달과 지구의 궤도 기울기 때문에 남북으로 진동한다.

(3) **일주 칭동** 지구의 자전 때문에 생기는 진동으로서, 관측자는 지구의 중심이 아니라 표면에 있기 때문에 잘 보이는 면이 달라진다.




❸ 그림 Ⅱ-22 해가 진 직후 달의 모양과 위치(날짜는 음력)

스스로 해결하기

아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.

매일 밤 달이 뜨는 시각은 하루에 50분씩 빨라지는데, 그 이유는 달이 서쪽에서 동쪽으로 자전하기 때문이다.

매일 밤 같은 시각에 달을 관측해 보면 보이는 모양이 다르고, 나타나는 위치도 다르다.

음력 2일경 해가 진 직후에 서쪽 하늘에서 보이던 초승달은 날짜가 지남에 따라 모양이 점차 커지고, 그 위치도 동쪽으로 조금씩 이동한다. 음력 15일경에는 보름달이 되어 동쪽 하늘에서 관측되고, 그 후에는 동쪽 하늘에 뜨는 시각이 조금씩 늦어지고 모양도 점차 작아진다.

위와 같이 달의 모양과 위치가 변하는 이유는 무엇일까?

달은 약 한 달에 한 바퀴씩 지구 주위를 공전한다. 그런데 달은 햇빛을 받는 부분만 밝게 보이기 때문에 달의 공전 위치에 따라 지구에서 보이는 모양이 변하는 것이다.

달은 하루에 약 13°씩 서쪽에서 동쪽으로 공전하므로 달이 뜨는 시각은 하루에 약 50분씩 늦어지고, 초저녁에 보이는 달의 위치도 매일 조금씩 동쪽으로 옮겨간다.




❸ 그림 Ⅱ-23 달의 모양이 변하는 원리_ 공을 든 사람을 지구라고 가정하면 손전등은 태양, 공은 달에 비유할 수 있다.

1. 지구, 달, 태양 129

## 스스로 해결하기

아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.

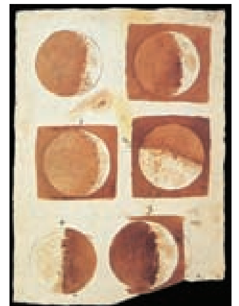
매일 밤 달이 뜨는 시각은 하루에 50분씩 빨라지는데, 그 이유는 달이 서쪽에서 동쪽으로 자전하기 때문이다.

답 빨라 → 늦어, 자전 → 공전

## 학습 자료실

### 갈릴레이의 달 관측

갈릴레이는 인류 최초로 자신이 직접 만든 망원경을 이용하여 달을 관측하였다. 달의 표면이 매끈할 것이라고 여겼던 당시 사람들의 생각과는 달리, 크고 작은 구멍과 산맥, 평원 등으로 이루어져 있음을 알아냈다. 또 달 표면의 산 높이는 산에 드리우는 그림자의 길이로 계산하였다.



❸ 갈릴레이가 스케치한 달

### 달 표면의 운석 구덩이

달 표면의 운석 구덩이는 우주에서 날아온 운석이 달 표면에 충돌하여 생긴 구덩이이다. 달에는 공기와 물이 없기 때문에 풍화나 침식 작용이 일어나지 않아 운석 구덩이들이 없어지지 않고 그 모습을 유지하고 있다. 이러한 운석 구덩이들을 '크레이터'라고 하며, 주로 달의 고지에 분포한다.

달의 바다에 생성된 운석 구덩이는 화산 활동으로 분출된 현무암질 용암에 의해 덮였기 때문이라고 생각된다.



❸ 달 표면의 크레이터

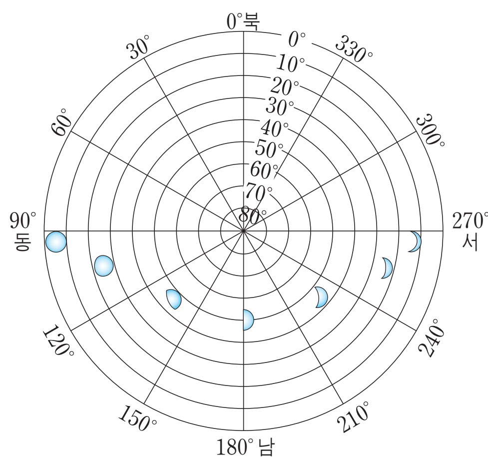
## 과학 돋보기

### 달의 모양과 위치 변화

음력 날짜에 따라 해가 진 직후에 나타나는 달의 모양과 위치를 관찰하여 방위판에 나타내면 오른쪽 그림과 같다.

음력 2일경에는 초승달 모양이 나타나기 시작하고, 음력 7~8일경에는 상현달이 나타난다. 또 음력 15일경에는 보름달이 나타난다. 그리고 달이 뜨는 위치는 서쪽에서 동쪽으로 계속 이동하며, 고도는 높아지다가 낮아진다.

보름달 이후에는 해가 진 직후에 달이 바로 나타나지 않으며, 매일 50분씩 달이 뜨는 시각도 늦어진다. 또 달의 모양도 점차 기울게 된다.




❸ 방위판에 나타낸 달의 위상



학습 자료실

## ❀ 태양 태음력

달의 운행만을 고려한 책력을 순태음력이라고 하며, 순태음력과 태양력을 고려하여 만든 책력을 태양 태음력이라고 한다. 따라서 태음력에서는 일 년보다는 한 달의 개념이 더 의미가 있다. 이 역법은 동양에서 사용해 왔던 것으로서, 우리가 음력이라고 부르는 것이다.

음력에서는 큰 달이 30일, 작은 달이 29일이며, 한 달이 평균 29.5일(삭망월)이므로 1년은 354일이 되어 1태양력보다 약 11일 짧다. 따라서 계절이 매년 그 만큼씩 늦어진다. 이러한 현상을 조정하기 위하여 19년에 7개월의 윤달을 두었는데, 윤달이 들어 있는 해는 13개월이 된다. 이것을 19년 7윤법(메톤 주기)이라고 한다. 태양 태음력에서는 1년의 단위로는 계절과 일치하지 못하므로 달수와 일수를 따지는 것과는 별도로 태양의 황도를 기준으로 하는 24절기를 두어 계절의 변화를 나타내고 있다.

## ❀ 슈퍼 문

달은 지구를 가운데 두고 타원 궤도로 돌기 때문에 달과 지구의 거리는 멀어졌다 가까워졌다를 반복한다. 지구와 달 사이의 평균 거리는 약 38만 km이지만, 근지점의 위치에서는 2만 km 정도 가까워져 약 363,000 km가 된다. 이렇게 지구와 달의 거리가 가장 가깝고 보름달일 때를 슈퍼 문이라고 한다.

미국 항공 우주국(NASA)에서는 슈퍼 문과 보통 때의 보름달을 비교해 보았을 때 약 14 % 크게 보이고, 밝기도 약 30 %나 더 밝다고 설명했다.

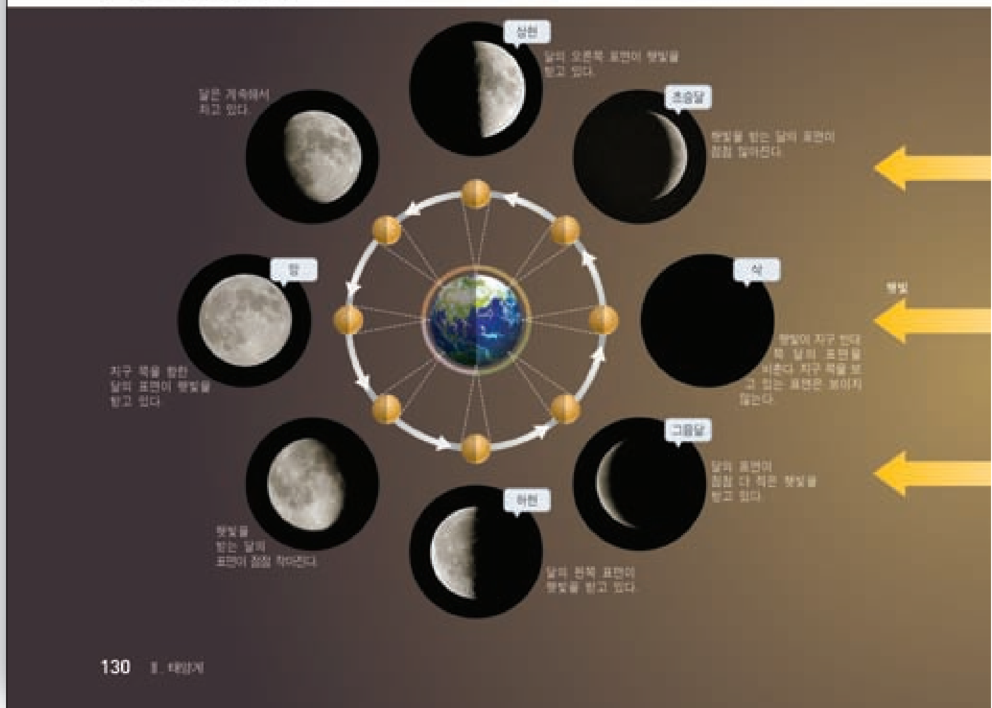


❷ 달이 지구에서 가장 가까이 있을 때(왼쪽)와 가장 멀리 있을 때(오른쪽)의 겉보기 크기 비교



우리가 보는 달빛은 달이 스스로 만들어 낸 것이 아니라, 햇빛이 달에 반사되어 보이는 것이다. 달이 태양과 같은 방향에 있어서 보이지 않을 때를 **삭**이라고 하며, 태양의 반대 방향에 있어서 보름달이 되는 때를 **망**이라고 한다. 그리고 삭과 망 사이에서 오른쪽이 둥근 반달이 되는 때를 **상현**이라고 하며, 왼쪽이 둥근 반달이 되는 때를 **하현**이라고 한다.

❸ 그림 Ⅱ-24 달의 위치와 모양 변화






과학 돋보기

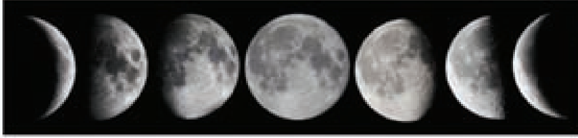
## ❀ 달의 모양에 따라 뜨고 지는 시각

달의 모양에 따라 관측 시기와 시각은 다음 표와 같다.

| 달의 모양 | 관측 시기(음력) | 관측할 수 있는 시각 |
|---|---|---|
| 삭 | 1일경 | 태양과 함께 뜨고 지므로 관측할 수 없다. |
| 초승달 | 2～3일경 | 초저녁에 서쪽 하늘 근처에서 보이기 시작하여 잠시 후 서쪽 지평선 아래로 진다. |
| 상현달 | 7～8일경 | 초저녁에 남쪽 하늘에서 보이기 시작하여 자정에 서쪽 지평선 아래로 진다. |
| 보름달 | 15일경 | 초저녁에 동쪽 하늘에서 떠서 밤새 보이다가 새벽에 서쪽 지평선 아래로 진다. |
| 하현달 | 22～23일경 | 자정에 동쪽 하늘에서 떠서 해 뜰 무렵 남쪽 하늘에서 희미해진다. |
| 그믐달 | 26～27일경 | 새벽에 동쪽 하늘에서 떠서 해 뜰 무렵 남동쪽 하늘에서 희미해진다. |

달의 표면에는 밝고 어두운 부분이 어우러진 무늬가 있다. 달이 지구 주위를 공전하면서 모양이 변할 때 지구에서 사진을 찍어 보면, 다음 그림과 같이 달의 모양이 변해도 달의 표면 무늬는 변하지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 달이 지구 주위를 공전하는 동안 같은 면이 지구를 향하고 있기 때문이다. 이와 같은 현상이 나타나는 이유는 무엇일까?

달은 지구 주위를 공전하면서 동시에 자전하고 있는데, 달이 지구 주위를 한 바퀴 공전하는 동안 한 바퀴 자전한다. 즉, 달의 자전 주기는 공전 주기와 같기 때문에 지구에서는 달의 한쪽 면만 볼 수 있고, 그 반대쪽 면은 볼 수 없다.


그림 Ⅲ-25 달의 모양과 무늬

해안 지방에서 생기는 밀물과 썰물은 달과 밀접한 관계가 있다. 즉, 달의 인력에 의해 바닷물이 지구의 양쪽으로 쏠리는 현상이 일어나는데, 이때 바닷물이 밀려들어와 해수면이 높아지는 현상을 밀물이라고 하며, 바닷물이 빠져나가 해수면이 낮아지는 현상을 썰물이라고 한다. 밀물과 썰물 때 해수면의 높이차는 삭이나 망일 때 크게 나타나고, 상현이나 하현일 때 작게 나타난다.

한편, 달이 지구 주위를 공전하면서 위치가 달라지기 때문에 밀물과 썰물이 생기는 시각도 매일 조금씩 늦어진다. 따라서 옛날부터 바다를 터전으로 살아온 어부와 같은 사람들의 생활은 달의 운동과 밀접한 관련이 있다.

용어 만조와 간조
밀물로 바닷물이 들어와 해수면의 높이가 가장 높아질 때를 만조라고 하며, 썰물로 바닷물이 빠져 해수면의 높이가 가장 낮아질 때를 간조라고 한다. 또 만조와 간조 때 해수면의 높이차를 조차 또는 간만의 차라고 한다.



그림 Ⅲ-26 만조와 간조 때의 해수면 변화

1. 지구, 달, 태양 131

**참고 자료** 사리와 조금

| 구분 | 사리(대조) | 조금(소조) |
| --- | --- | --- |
| 정의 | 조차가 가장 클 때 | 조차가 가장 작을 때 |
| 시기 | 망(음력 15일경)<br>삭(음력 30일경) | 상현(음력 7~8일경)<br>하현(음력 22~23일경) |
| 위치 | 태양과 달, 지구가 일직선 상에 있을 때 | 태양과 달이 직각 방향에 있을 때 |
|  | 태양, 삭, 해수, 지구, 망, 달 | 달, 하현, 해수, 지구, 태양, 상현 |




### 달의 뒷면

지구에서 달을 관측할 때 달은 위상이 변하더라도 그 표면의 무늬는 항상 일정하다. 즉, 우리는 늘 달의 한쪽 면만 볼 수 있는데, 이러한 현상은 달의 자전 방향과 공전 방향이 같고, 자전 주기와 공전 주기가 약 27.3일로 같은 동주기 자전 현상 때문이다. 달은 항상 같은 면이 지구를 향하고 있기 때문에 오래전부터 사람들은 달의 뒷면에는 무엇이 있을지 궁금해 하였다.

달의 뒷면은 달 탐사선에 의해 볼 수 있는데, 탐사 결과 달의 뒷면에는 앞면보다 훨씬 많은 운석 구덩이가 있다는 것이 밝혀졌다.


달의 뒷면

### 달의 고지와 바다

달의 고지는 달 표면에서 밝게 보이는 부분으로서, 달의 고지를 구성하는 암석이 밝은 장석류를 포함하고 있기 때문에 바다보다 밝게 보인다. 또한 바다보다 높은 지형이 많으며, 운석의 충돌로 생긴 운석 구덩이가 많다.

달의 바다는 달 표면에서 어둡게 보이는 부분으로서, 대부분 달 표면의 앞쪽에 분포한다. 달의 바다가 어둡게 보이는 이유는 현무암질 용암이 굳어져 만들어진 평탄한 저지대이기 때문이다.

### 조차의 크기

세계에서 조차가 가장 큰 곳은 캐나다 동안의 펀디 만으로서, 조차가 최대 15 m 정도이며, 우리나라의 서해안도 최대 9 m 정도이다. 조차는 좁은 만이나 해협 또는 해안선이 복잡한 곳에서 크게 나타난다.




조석

학습 자료실

### ❀ 기조력

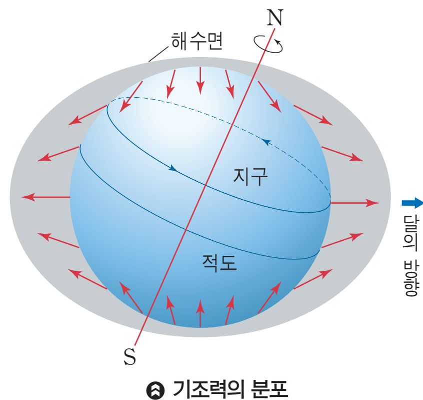
조석 현상을 일으키는 힘을 기조력이라고 한다. 기조력은 달이 지구에 작용하는 만유인력과 지구가 달의 공통 질량의 중심을 중심으로 하는 원심력의 합력에 의해 생긴다. 기조력의 크기는 천체의 질량에 비례하고, 천체까지의 거리의 세제곱에 반비례하며, 달에 의한 기조력은 태양에 의한 기조력보다 약 2배가 더 크다.

$$\text{기조력} = \frac{M}{r^3}$$

($M$: 천체의 질량, $r$: 천체까지의 거리)

지구 상에서 기조력은 달에 가까운 지점에서는 달 쪽으로 작용하고, 달에서 먼 지점에서는 달의 반대쪽으로 작용하여 양쪽으로 볼록하게 분포한다.

기조력은 태양 – 지구 – 달이 일직선 상에 위치하는 삭이나 망일 때 최대가 되고, 태양 – 지구 – 달이 직각을 이룰 때 최소가 된다.

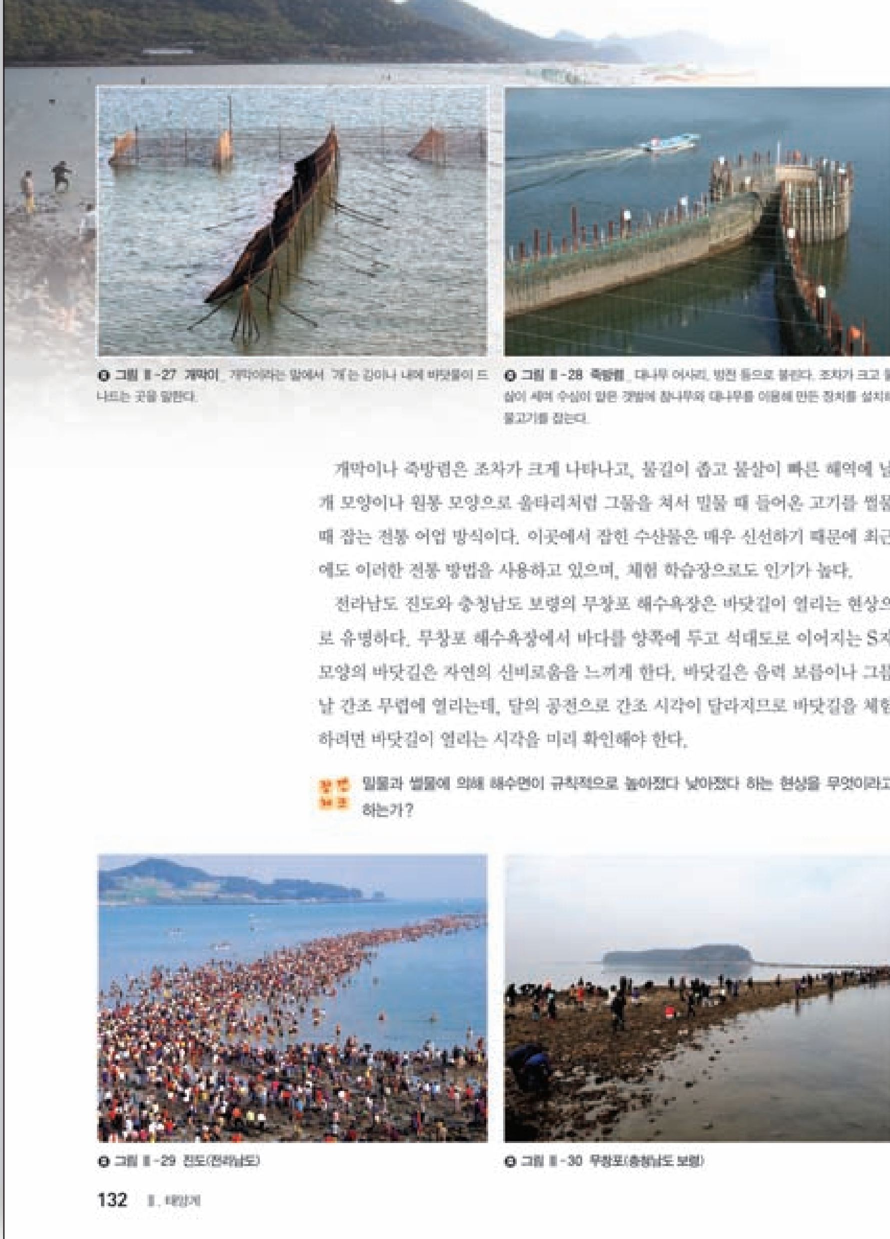



❸ 기조력의 분포

### ❀ 달에서의 중력

달의 중력은 지구의 $\frac{1}{6}$에 불과하므로, 달에 가면 어떤 물체의 무게도 지구에서의 $\frac{1}{6}$밖에 되지 않는다. 따라서 달에서는 무거운 물체도 쉽게 들어 올릴 수 있을 것이다.

실례로 아폴로 우주 비행사들은 100 kg이나 되는 무거운 장비를 들고 달에서 걸어 다녔다.



❷ 그림 Ⅱ-27 개막이_ 개막이라는 말에서 '개'는 강이나 내에 바닷물이 드나드는 곳을 말한다.

❷ 그림 Ⅱ-28 죽방렴_ 대나무 어사리, 방진 등으로 불린다. 조차가 크고 물살이 세며 수심이 얕은 갯벌에 참나무와 대나무를 이용해 만든 장치를 설치해 물고기를 잡는다.

개막이나 죽방렴은 조차가 크게 나타나고, 물길이 좁고 물살이 빠른 해역에 날개 모양이나 원통 모양으로 울타리처럼 그물을 쳐서 밀물 때 들어온 고기를 썰물 때 잡는 전통 어업 방식이다. 이곳에서 잡힌 수산물은 매우 신선하기 때문에 최근에도 이러한 전통 방법을 사용하고 있으며, 체험 학습장으로도 인기가 높다.

전라남도 진도와 충청남도 보령의 무창포 해수욕장은 바닷길이 열리는 현상으로 유명하다. 무창포 해수욕장에서 바다를 양쪽에 두고 석대도로 이어지는 S자 모양의 바닷길은 자연의 신비로움을 느끼게 한다. 바닷길은 음력 보름이나 그믐날 간조 무렵에 열리는데, 달의 공전으로 간조 시각이 달라지므로 바닷길을 체험하려면 바닷길이 열리는 시각을 미리 확인해야 한다.

잠깐 체크 밀물과 썰물에 의해 해수면이 규칙적으로 높아졌다 낮아졌다 하는 현상을 무엇이라고 하는가?

❷ 그림 Ⅱ-29 진도(전라남도)

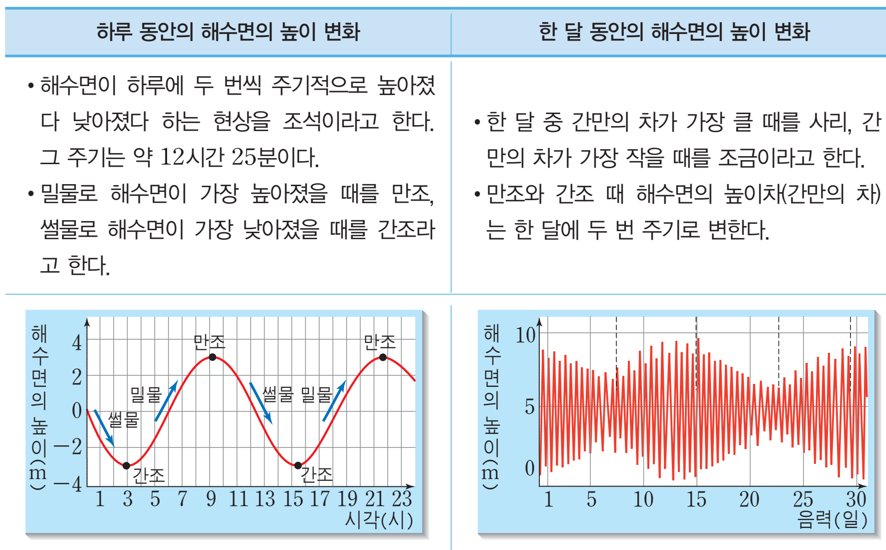
❷ 그림 Ⅱ-30 무창포(충청남도 보령)

132 Ⅱ. 태양계

**| 관련 지식 |**

### ❀ 해수면의 높이 변화

| 하루 동안의 해수면의 높이 변화 | 한 달 동안의 해수면의 높이 변화 |
|---|---|
| • 해수면이 하루에 두 번씩 주기적으로 높아졌다 낮아졌다 하는 현상을 조석이라고 한다. 그 주기는 약 12시간 25분이다.<br>• 밀물로 해수면이 가장 높아졌을 때를 만조, 썰물로 해수면이 가장 낮아졌을 때를 간조라고 한다. | • 한 달 중 간만의 차가 가장 클 때를 사리, 간만의 차가 가장 작을 때를 조금이라고 한다.<br>• 만조와 간조 때 해수면의 높이차(간만의 차)는 한 달에 두 번 주기로 변한다. |



음력은 달의 모양 변화를 기초로 하여 만든 역법으로서, 양력이 도입되기 전부터 사용되어 왔다. 정월 대보름, 단오, 설날과 추석 등 우리의 전통 명절은 음력과 관련이 많다.

설날은 음력 문화권에서 새해가 시작되는 첫날이 되므로 그 의미가 깊다. 정월 대보름은 1년 중 보름달이 뜨는 첫째 날이며, 쥐불놀이를 하는 풍속이 남아 있다.

추석은 음력 8월 15일로서, 가을의 한가운데 날이라는 뜻으로 중추절이라고 부른다. 이날은 밝은 보름달을 볼 수 있는 명절로서, 봄부터 가꾼 곡식과 과일들을 수확하고 한 해 농사의 풍년을 감사하는 날이며, 동시에 내년의 풍요를 기리는 의미를 가진다.



그림 Ⅲ-31 조상들의 단오절 풍속(김홍도 작)_ 단오는 음력 5월 5일로서, 모내기를 끝내고 풍년을 기원하는 날이기도 하다.

**과학 자료실** 음력과 24절기

예로부터 우리 조상들은 달의 운동을 기준으로 한 역법을 만들어 사용하였는데, 이것을 음력 또는 태음력이라고 한다. 음력은 달의 모양 변화 주기를 한 달로 하였으므로 한 달이 29일이나 30일이 된다. 그리고 1년은 354일 정도이므로 3년에 한 번 정도씩 윤달을 두었다.

음력을 사용하면 달의 모양으로부터 날짜나 조석 현상 등을 쉽게 알 수 있지만, 계절의 변화와는 잘 맞지 않았다. 이를 보완하기 위해 조상들은 황도를 15° 간격으로 등분한 24절기를 사용하여 계절의 변화를 생활에 이용하였다.

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기** 북반구에서 북쪽 하늘에 있는 별들의 일주 운동 방향과 한 시간 동안 움직인 각도를 말해 보자.

**생활 속 문제 해결하기** 장마철에 많은 비가 오면 강 하류 지역의 피해 예방을 위해서 서해안의 조석을 참고하는 이유는 무엇일까?

**과학과 기술, 사회 연관 짓기** 우리 주변에는 남쪽 방향으로 지은 건물이 많다. 그 이유를 태양의 일주 운동과 관련지어 설명해 보자.

1. 지구, 달, 태양 133

**참고 자료** 24절기

태양이 동지점을 출발하여 천구 상을 한 바퀴 도는 경로에서 15° 간격으로 24등분한 지점을 통과하는 시점을 24절기라고 한다. 24절기는 음력을 사용할 때 날짜가 계절과 잘 맞지 않는 불편함을 보완하기 위해 1년 동안의 계절 변화를 알기 쉽도록 만든 것이다.

| 절기 | 날짜(양력) | 특징 |
|---|---|---|
| 입춘(立春) | 2월 4일경 | 봄이 시작된다는 절기이다. |
| 우수(雨水) | 2월 19일경 | 비가 처음 내린다는 절기이다. |
| 경칩(驚蟄) | 3월 6일경 | 개구리가 겨울잠에서 깨어난다는 절기이다. |
| 곡우(穀雨) | 4월 20일경 | 보리가 자라도록 비가 오는 절기이다. |
| 망종(芒種) | 6월 6일경 | 모내기를 하는 절기이다. |
| 백로(白露) | 9월 8일경 | 이슬이 많이 맺히는 절기이다. |
| 상강(霜降) | 10월 24일경 | 첫서리가 내린다는 뜻의 절기이다. |
| 동지(冬至) | 12월 22일경 | '겨울의 한가운데'라는 뜻의 절기이다. |
| 대한(大寒) | 1월 22일경 | '큰 추위'라는 뜻의 절기이다. |

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

일주 운동의 방향은 북극성을 중심으로 시계 반대 방향이고, 속도는 1시간에 15°씩 회전한다. 지평선 아래로 출몰하는 별들이 나타내는 호의 방향을 연장하면 시계 반대 방향이 되며, 방위로 나타내면 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지는 방향이다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

조석에 따라 강물의 수위가 달라지기 때문이다. 강물은 평소에 지형이 낮은 바다로 흘러내려간다. 강 하구에 접하고 있는 바다에서 밀물이 발생하면 수위가 높아지므로 강물이 흘러내려가지 못하고, 지역에 따라 오히려 강물이 거꾸로 흐르는 경우도 발생한다. 서해안에서 밀물이 발생하면 한강 하류 지역의 수위가 높아지므로 강물이 역류하는 현상이 나타나는데, 장마철의 많은 비와 역류 현상이 겹치게 되면 강물의 수위가 매우 높아지면서 침수 피해 범위가 더욱 넓어진다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

남향의 집은 여름철에는 한낮에 태양의 고도가 높아서 햇빛이 집 안 깊숙이 들어오지 않기 때문에 덜 덥고, 겨울철에는 한낮에도 태양의 고도가 낮아서 햇빛이 집 안 깊숙이 들어오므로 실내 기온 유지에 유리하다.

반면에, 동향이나 서향의 집은 여름철에 해가 뜨는 즉시 또는 해가 질 무렵에 집 안 깊숙이 햇빛이 들어오므로 더위를 느끼는 시간이 길어지고, 겨울철에는 일조 시간이 짧아 실내 기온 유지에 불리하다.



남향으로 지은 한옥

## 효과적인 수업을 위한 Tip

한국 아마추어 천문학회 홈페이지(http://www.kaas.or.kr)에 접속하면 일식과 월식의 원리, 일식과 월식의 예보, 월식 촬영법 등을 알 수 있다.




### ❀ 개기 월식 때 달이 붉게 보이는 이유

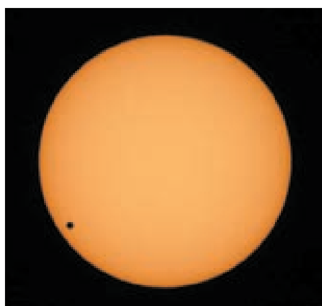
햇빛이 지구 대기를 통과할 때 파장이 짧은 파란빛은 굴절률이 커서 멀리까지 전달되지 못하고, 파장이 긴 붉은빛은 굴절률이 작아서 멀리까지 전달되어 지구의 본그림자 속으로 들어가 달을 비추게 된다. 따라서 이 빛이 달에 반사되기 때문에 달이 붉게 보인다.



❷ 개기 월식 때의 달

### ❀ 금성의 일면 통과 현상

금성이 지구와 태양의 사이에 들어가는 천문 현상이다. 금성이 태양의 앞을 통과하기 때문에 태양의 일부가 가려지는 것은 일식과 원리가 같다. 금성은 달보다 크기가 약 4배나 큰데도 불구하고 각지름이 달의 $\frac{1}{30}$밖에 되지 않으므로 태양을 가리는 면적이 매우 작아서 관측이 쉽지 않다.



❷ 금성의 일면 통과 현상

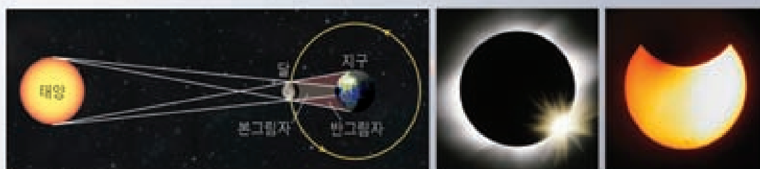
보충·심화

## 일식과 월식

일식과 월식은 먼 옛날부터 사람들의 호기심과 두려움의 대상이 되어 온 자연 현상이다. 옛날 사람들은 밝게 빛나던 태양이 조금씩 가려지다가 마침내 검은 태양으로 보이는 것을 두려워하였다. 그들에게는 깜깜한 밤에 밝은 보름달이 귀퉁이에서부터 서서히 사라져서 붉은색만 남는 모습도 충격적인 모습이었다.

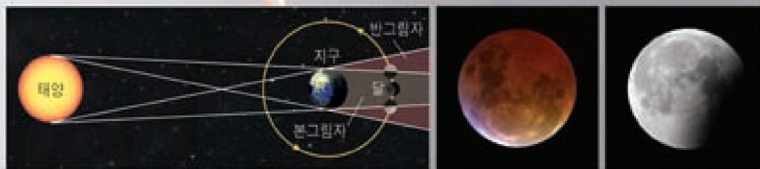
1503년 신대륙을 찾아가던 콜럼버스는 카리브 해 근처에서 방향을 잃고, 배까지 파손되어 항해가 불가능하게 되자, 배를 해안에 정박하고 수리하였다. 콜럼버스 일행은 원주민의 도움으로 음식과 피난처를 제공받을 수 있었지만, 얼마 지나지 않아 원주민들은 외지에서 나타난 일행을 점점 경계하고 콜럼버스 일행의 목숨을 위협하기까지 하였다. 위기에 몰린 콜럼버스는 마침 월식이 나타날 조짐이 보이자 "하늘의 노여움으로 곧 달이 사라질 것이다."라고 기지를 발휘하였다. 잠시 후 실제로 월식이 일어나자 두려움에 사로잡힌 원주민들은 달을 원래대로 돌려 달라고 간청했고, 콜럼버스는 월식이 끝날 때쯤에 맞춰 원주민의 간청을 들어주는 척하였다. 다시 보름달로 돌아오는 달의 모습을 본 원주민들은 콜럼버스가 섬에 머무는 동안 많은 편의를 봐주었다.

달이 지구의 둘레를 공전하다가 태양－달－지구의 순으로 일직선 상에 위치하게 되면 달이 태양을 가리게 되어 일식이 일어난다. 달의 본그림자 속에 들어가는 지역에서는 태양 전체가 보이지 않는 **개기 일식**이 일어나고, 반그림자 속에 들어가는 지역에서는 태양의 일부분이 보이지 않는 **부분 일식**이 일어난다.




❶ 일식의 원리 ❷ 개기 일식 ❸ 부분 일식

한편, 태양－지구－달의 순으로 위치하게 되면 달이 지구의 그림자 속에 들어가게 되어 월식이 일어난다. 달 전체가 지구의 본그림자 속에 들어가면 **개기 월식**이 일어나고, 달의 일부분이 본그림자 속으로 들어가면 **부분 월식**이 일어난다.




❶ 월식의 원리 ❷ 개기 월식 ❸ 부분 월식

134 Ⅱ. 태양계



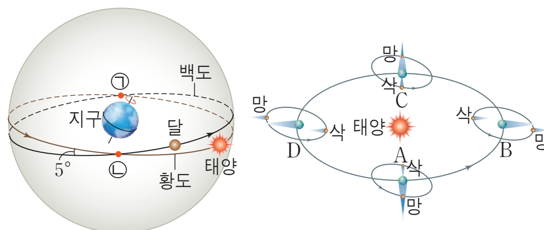

### ❀ 일식과 월식의 관측

(1) **관측 지역** 일식은 달의 본그림자나 반그림자에 들어가는 지역에서만 관측되므로 관측 지역이 한정적이지만, 월식은 밤이 되는 지역의 어디에서나 볼 수 있다.

(2) **진행 순서와 지속 시간** 일식은 태양의 오른쪽부터 가려지며 최대 8분 정도 지속되고, 월식은 달의 왼쪽부터 가려지며 최대 1시간 40분 정도 지속된다.

(3) **매달 일식과 월식이 일어나지 않는 이유** 일식과 월식은 각각 삭과 망일 때 생기지만, 달의 공전 궤도는 지구 공전 궤도에 대해 5° 정도 기울어져 있기 때문에 삭과 망일 때마다 일식과 월식이 생기지는 않는다.

(4) **일식과 월식이 일어날 조건** 일식과 월식은 그림의 ㉠, ㉡과 같이 황도와 백도가 만나는 교점 근처에서 태양과 달이 A, C와 같이 삭과 망일 때 일어난다.




❷ 일식과 월식이 일어날 조건

STEAM 융합

# 달을 산 사또

옛날 어떤 마을에 사또가 부임해 왔는데, 백성 돌보는 일은 뒷전이고 밤마다 잔치를 벌여 흥청망청 놀기만 하였다. 그런데 하루는 잔치 중에 사또가 불평을 하였다.

"오늘은 어찌하여 달이 보이질 않는가? 달이 없으니 흥이 나지 않는구나."

마침 잔치에 왔던 한 스님이 그 말을 듣고 대답을 했다.

"사또, 오늘 같은 날 어찌 달이 뜨겠습니까?"

스님은 오늘은 음력으로 그믐이라서 달이 뜨지 않는다는 의미로 말했는데, 사또는 이 말을 이해하지 못하고 엉뚱한 소리를 했다.

"뭐라고? 그럼 이 고을에 내가 부임해 와서 달이 안 뜬다는 말인가?"

스님은 사또가 달이 차고 기우는 원리를 모르는 것을 알아차렸다. 그래서 사또를 골려 줄 생각으로 말하였다.

"그렇습니다. 사또의 정성이 모자라 달이 안 뜨는 것입니다. 이 고을은 새로 부임한 사또가 부처님께 공양하지 않으면 달이 뜨지 않습니다."

사또는 그 말을 믿었다.

"그래? 그러면 얼마를 공양해야 하느냐?"

"돈 50냥을 바치시면 달을 볼 수 있을 것입니다."



사또는 다음날 돈 50냥을 절에 보내고, 이틀 뒤에 또 잔치를 벌였다. 그런데 해가 지고 날이 어둑어둑해지니 정말로 동쪽 하늘에서 눈썹같이 생긴 달이 떠올랐다.

"옳지, 부처님께 공양한 보람이 있구나."

사또는 기분이 좋기는 했지만, 아무래도 달이 작고 희미하다는 생각이 들었다.

"달이 뜨기는 했으나 너무 작고 희미하구나. 좀 더 큰 달을 뜨게 할 수는 없는가?"

스님이 그 말에 대답했다.

"사또께서 돈 50냥을 공양하였으니 50냥 값어치만큼 달이 뜨는 것이지요. 돈을 좀 더 많이 바치시면 더 큰 달을 볼 수 있을 것입니다."

사또는 다음날 돈 100냥을 절에 보냈다. 그리고 5일 후에 또 잔치를 하면서 보니, 오른쪽이 둥근 반달이 보였다. 그러나 사또는 아직도 달이 마음에 들지 않았다.

"달이 더 밝고 커진 것은 틀림없는데, 아직 내 성에 차지 않는구나."

스님이 가만히 대답을 했다.

"저 달은 사또께서 바치신 100냥 값어치의 달입니다. 돈 1,000냥이면 더 큰 달을 볼 수 있을 것입니다."

그래서 사또는 또 돈 1,000냥을 절에 보내고, 일주일 후에 또 잔치판을 벌였다. 하늘이 어두워지자 마침내 서쪽 하늘에서 쟁반같이 둥근 달이 떠올랐다.

"허허, 이제야 달이 제대로 떴구나!"

사또는 밤늦도록 둥근 달을 보며 잔치를 벌였다.

글쓰기

1 이 글에서 과학적으로 옳지 않은 부분을 찾아 수정해 보자.

2 사또가 본 달의 모양을 순서대로 서술해 보자.

1. 지구, 달, 태양 135

## 보충 학습 삭망월과 항성월

달이 지구 둘레를 공전함에 따라 달의 위상은 삭→ 상현→ 망→ 하현→ 삭의 순으로 변한다. 이와 같이 달이 망에서 다음 망이 되는 데 걸리는 시간이나 삭에서 다음 삭이 되는 데 걸리는 시간은 약 29.5일로서, 이를 삭망월이라고 한다. 한편, 달이 어떤 별을 기준으로 지구 둘레를 한 바퀴 도는 데 걸리는 시간은 약 27.3일로서, 항성월이라고 하며, 이는 달의 공전 주기에 해당한다.




▲ 삭망월과 항성월

달의 삭망월과 항성월의 차이가 2.2일인 이유는 지구가 하루에 태양 둘레를 약 1°씩 공전하므로 한 달에는 약 30° 공전하기 때문에 망에서 다시 망이 되려면 달도 30° 더 공전해야 하므로 27.3일$\times\frac{30^\circ}{360^\circ}$≒2.2일, 즉 달이 약 2.2일 더 공전해야 하기 때문이다.

## 융합 STEAM

글쓰기

1 • 동쪽 하늘에서 눈썹같이 생긴 달이 떠올랐다. → 서쪽 하늘에서

• 서쪽 하늘에서 쟁반 같은 둥근 달이 떠올랐다. → 동쪽 하늘에서

2 초승달 → 상현달 → 보름달

### 달의 신비한 특징

(1) 달의 크기 대 지구 크기의 비율은 366 %인데, 지구가 일 년 동안 자전하는 횟수는 366회이다.

(2) 달의 항성일은 27.322일인데, 지구 크기 대 달 크기의 백분율은 27.322 %이다.

(3) 태양과 달의 각지름이 일치한다.

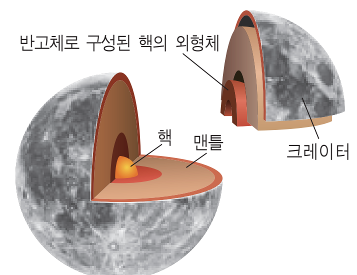
(4) 달의 둘레와 지구의 둘레를 곱한 후, 100으로 나누면 4,371,750 km가 된다. 이 값은 태양의 둘레인 4,373,097 km와 거의 같다.

(5) 태양의 크기를 지구의 크기로 나누고 100을 곱하면 달의 크기가 된다.

### 달의 내부 구조

달은 달 궤도를 돌고 있는 인공위성과 지진파로 내부 구조를 파악한다. 달의 내부 구조는 아폴로 11호가 월진계를 설치한 후부터 알 수 있었다.

달의 내부는 표면, 맨틀, 핵으로 나뉘어져 있다. 이 구조는 45억 년 전 짧은 기간에 이루어진 마그마 바다의 분별 결정의 결과로 추측된다. 달 표면의 평균 두께는 약 70 km이고, 핵의 반지름은 300∼425 km이며, 나머지 부분은 맨틀로 이루어져 있다. 핵은 달 크기의 20 %이고, 부분적으로 녹아 있다.



# 1-3 태양

## | 학습 내용 안내 |

(1) 태양의 표면에서 나타나는 현상을 이해한다.

(2) 태양 대기의 구성과 특징에 대해 이해한다.

(3) 태양 활동에 대해 이해하고, 태양 활동이 지구에 미치는 영향에 대해 안다.

## | 학습 전개 |

태양 표면의 사진을 보고 관측되는 쌀알무늬와 흑점의 특징을 설명하게 한다.



태양의 대기에서 나타나는 현상이 평소에 보이지 않는 이유에 대해 생각하고, 각각의 현상에 대해 설명하게 한다.



태양 활동이 활발할 때 발생하는 자기 폭풍으로 인한 델린저 현상이나 오로라에 대해 설명하게 한다.

### 1-3 태양



고구려의 고분 벽화에서는 다리가 세 개 달린 까마귀 그림이 발견되며, 옛 문헌에는 태양 속에 까마귀가 산다는 내용이 등장하기도 한다. 태양 표면에서 볼 수 있는 검은 무늬는 무엇일까?



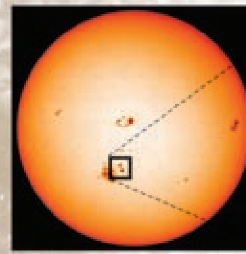
**학습 목표**

- 태양에서 나타나는 여러 현상을 설명할 수 있다.
- 태양 활동이 지구에 미치는 영향을 말할 수 있다.

태양은 태양계에서 스스로 빛과 열을 방출하는 유일한 별이다. 태양은 고온의 수소와 헬륨 가스 등으로 구성되어 있는 구형의 천체로서, 막대한 에너지를 우주 공간으로 방출하고 있다.

우리 눈에 보이는 태양의 둥근 표면을 **광구**라고 하는데, 이곳에서는 쌀알무늬와 흑점을 볼 수 있다.

**쌀알무늬**는 태양 내부의 에너지가 표면으로 분출되는 대류에 의한 현상으로서, 마치 쌀알을 흩뿌려 놓은 것처럼 보인다. 태양 표면에 검게 보이는 크고 작은 점들을 **흑점**이라고 하는데, 표면 온도가 약 6,000℃인 주위에 비해 흑점은 온도가 4,000℃ 정도로 낮기 때문에 어둡게 보이는 것이다.



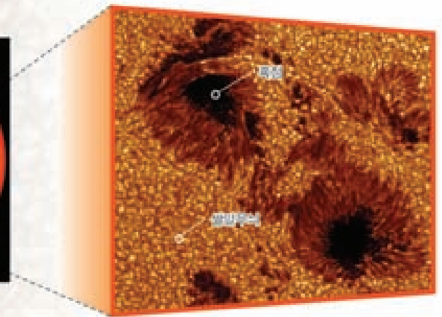



그림 Ⅱ-32 태양의 표면(광구)





### ❀ 태양

지구에 사는 모든 생명체는 지구에서 가장 가까운 항성인 태양의 열과 빛에너지에 의존하여 살아가고 있다. 태양의 평균 밀도는 1.41 g/cm$^3$로서, 지구의 평균 밀도인 5.52 g/cm$^3$에 비해 $\frac{1}{4}$ 정도에 불과하다. 이와 같이 태양의 밀도가 지구보다 작은 이유는 태양은 온도가 매우 높아서 태양 내에 존재하는 물질이 모두 기체 상태이기 때문이다.

### ❀ 쌀알무늬

광구 아래에서 일어나는 열대류 때문에 나타나는 현상이다. 쌀알무늬는 모양이 계속 변하고 밝기도 일정하지 않지만, 그 크기는 지름이 1,000 km 정도이고, 9분 정도 지속된다.

### ❀ 흑점

흑점이 있는 곳은 자기장이 강하게 형성되어 있는 곳으로서, 흑점의 온도가 낮은 이유는 강한 자기장 때문에 뜨거운 태양 내부의 물질이 잘 올라오지 못하기 때문이다. 흑점의 수는 약 11년을 주기로 증감한다. 흑점 수가 많을 때를 극대기, 흑점수가 적을 때를 극소기라고 한다.

찾아보기

- NASA의 태양계 http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/index.html
- 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr
- 한국 과학 창의 재단 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 천문학 및 천체 물리학(2010), Michael Zeilik 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 해와 달과 별이 뜨고 지는 원리(2009), 박석재 저, 도서출판 성우
- 우주로의 여행2(1998), 윤홍식 저, 청범 출판사




❸ 그림 Ⅱ-33 태양 표면에서 흑점이 이동하는 모습

흑점을 매일 관측해 보면 모양과 크기가 조금씩 변하면서, 위치가 동쪽에서 서쪽으로 이동해 가는 것을 볼 수 있다. 흑점의 위치가 변하는 것은 태양이 자전하기 때문에 나타나는 현상으로서, 흑점의 이동 속도를 조사하면 태양의 자전 주기를 알 수 있다. 태양은 기체로 되어 있기 때문에 적도 부근에서는 자전 속도가 빠르고 극 부근에서는 느리다. 그 결과 자전 주기가 위도에 따라 다르게 나타나는데, 태양의 자전 주기는 평균 27일 정도이다. 흑점 수는 약 11년을 주기로 많아졌다 적어지는 현상이 반복된다.

태양의 대기는 희박한 가스층으로서, 광구보다 밝지 않기 때문에 평소에는 잘 볼 수 없지만, 개기 일식 때 광구가 가려지면 볼 수 있다.

광구 위쪽으로 10,000 km 정도 두께의 붉게 보이는 대기층을 **채층**이라고 한다. 채층 위로 수십만 km 높이까지 고리나 불기둥 모양으로 솟구쳐 오르는 현상이 나타나기도 하는데, 이러한 현상을 **홍염**이라고 한다. 또 흑점 주변에서는 가끔 폭발 현상으로 막대한 에너지가 방출되는 현상인 **플레어**가 나타나기도 한다.

**코로나**는 태양 표면 위로 수백만 km까지 뻗어 있는 태양의 최상층 대기로서, 진주색으로 보이며, 온도는 100만 ℃ 이상으로 매우 높다.

인터넷 속 과학 세상
태양 활동과 흑점의 관계, 흑점의 증가와 감소가 지구에 미치는 영향을 조사해 보자.
검색 흑점과 지구



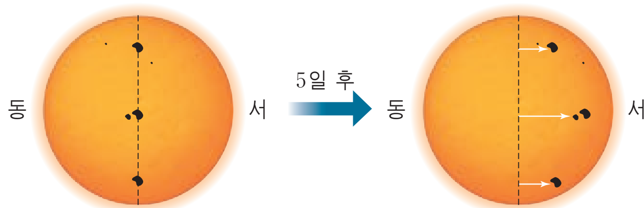

❸ 그림 Ⅱ-34 태양의 대기

1. 지구, 달, 태양 137

## ✚ 참고 자료 흑점의 이동

흑점은 태양 표면에서 동쪽에서 서쪽으로 이동한다. 이러한 현상은 태양이 자전하기 때문인데, 태양이 지구의 자전 방향과 같은 방향으로 자전하므로 태양의 자전 방향은 서쪽에서 동쪽이다.

태양의 적도 부근이 고위도보다 더 빠르게 자전하는 것은 태양이 기체 상태이기 때문이다. 태양의 자전 주기는 적도 부근이 약 25일, 극 부근이 약 34일로서, 평균 주기는 약 27일이다.




❸ 흑점의 이동

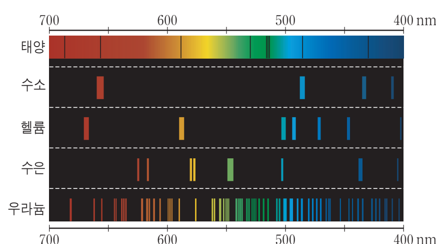



### ❀ 흑점 수를 세는 방법

| | |
|---|---|
| | 암부 1개 |
| | 총 1개 |
| | 반암부 1개 |
| | 총 1개 |
| | 암부 2개, 반암부 1개 |
| | 총 3개 |
| | 암부 1개, 반암부 1개 |
| | 총 2개 |
| | 암부 2개 |
| | 총 2개 |
| | 암부 2개, 반암부 1개 |
| | 총 3개 |
| | 암부 3개, 반암부 2개 |
| | 총 5개 |

### ❀ 태양의 대기

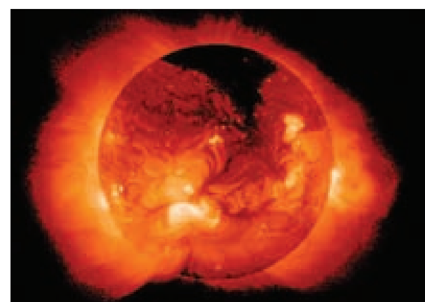
태양 스펙트럼의 흡수선을 분석한 결과 태양의 대기는 수소가 74 %, 헬륨이 24 %로서, 거의 대부분 수소와 헬륨으로 이루어져 있다.




❸ 태양의 스펙트럼

### ❀ 코로나 구멍

X선으로 관측한 태양의 모습을 보면 특히 어둡게 보이는 부분이 있는데, 이곳을 '코로나 구멍'이라고 한다. 이곳은 온도가 낮고 밀도가 작은 곳이다.



❸ X선으로 관측한 코로나 구멍

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

태양의 광구에서는 쌀알을 흩뿌린 것처럼 보이는 쌀알 무늬와 상대적으로 어둡게 보이는 흑점이 보인다.

▶ **문제 응용하기**

쌀알무늬는 태양의 광구 아래에서 일어나는 열대류 때문에 나타나는 현상으로서, 밝게 보이는 부분은 뜨거운 물질이 상승하는 곳이고, 어두운 부분은 냉각된 물질이 하강하는 곳이다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

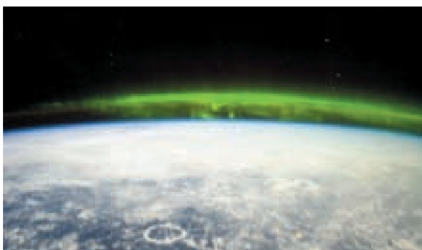
태양풍을 근본적으로 차단하는 방법은 없으며, 강력한 태양풍이 발생했을 때 예보를 통해 피해를 최소화하는 것이 최선이다.

- 태양풍이 지구 자기장에 충격을 줄 때 발생하는 과전류에 의한 기기의 오작동 및 파손에 대비하여 일시적으로 전기를 차단한다.
- 전파를 사용하는 통신 장애에 대비하기 위하여 유선 통신 등 별도의 통신 수단을 마련해야 한다.
- 극지방이나 높은 고도에서는 방사능에 피폭될 수 있으므로 태양풍이 강할 때에는 비행기의 항로를 바꾸거나 방사능을 차단할 수 있는 장비를 준비한다.

## 관련 지식

### ❀ 전리층

햇빛에 의해 공기 분자가 이온화되어 자유 전자와 이온이 밀집된 지역으로서, 전파를 흡수하거나 반사해 무선 통신을 할 수 있게 한다.



❷ 전리층

❷ 그림 Ⅱ-35 태양풍

**태양 활동의 영향**

우리 눈에 보이는 태양은 매우 평온한 모습으로 보인다. 그러나 망원경이나 지구 밖의 탐사선에서 태양을 관측해 보면 태양은 매우 격렬한 활동을 하고 있다. 태양의 활동은 지구에 어떤 영향을 미칠까?

태양의 흑점 수가 많을 때에는 태양의 활동이 활발해지고 홍염이나 플레어가 많이 발생한다. 이 시기에는 전기를 띤 입자들이 태양에서 많이 방출되는데, 이것을 **태양풍**이라고 한다. 태양풍이 강해지면 지구도 많은 영향을 받는다.

태양으로부터 지구에 도달하는 입자가 많아지면 지구 대기의 상층에 있는 전리층을 교란시켜 전파 통신에 장애를 일으키는 **델린저 현상**이 발생한다. 또 인공위성의 전자 장비에 영향을 주어 장애를 일으키기도 하고, 극지방에서는 오로라 현상이 자주 나타난다. **오로라**는 태양에서 온 전기를 띤 입자가 지구 대기와 부딪히면서 빛을 내는 현상이다.

용어 **전리층**
햇빛에 의해 공기 분자가 이온화되어 자유 전자와 이온이 밀집된 지역으로서, 전파를 흡수하거나 반사해 무선 통신을 할 수 있게 한다.

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 문제 응용하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 태양의 광구에서 볼 수 있는 것은 무엇인가? | 태양의 쌀알무늬가 쌀알을 흩뿌려 놓은 것처럼 보이는 이유를 설명해 보자. | 가까운 미래에 태양 활동이 매우 활발해지는 시기를 조사해 보고, 활발한 태양 활동이 지구에 미치는 영향에 대비하는 방안을 찾아보자. |

138 Ⅱ. 태양계






### ❀ 델린저 현상

델린저(Dellinger, J. H. ; 1886~1962)는 미국의 물리학자이자 전기학자로서, 전리층과 우주선이 라디오 파에 미치는 영향을 연구하여 1935년에 '델린저 현상'을 발견하였다.

델린저 현상은 태양 표면의 폭발 현상으로 방출된 하전 입자들이 태양풍에 실려 지구에 도달할 때 생긴 자기 폭풍이 지구 대기의 전리층을 교란시켜 단파 통신이 일시적으로 두절되는 현상이다.

### ❀ 오로라

태양에서 방출된 하전 입자는 지구 자기권으로 들어오면 지구 자기장을 따라 이동하여 양극으로 모여든다. 이때 대기권의 공기 입자와 충돌하여 이온화시키게 되는데, 기체의 종류에 따라 각기 다른 파장의 빛을 방출한다. 산소 원자는 낮은 고도에서는 녹색광(파장 557.7 nm), 높은 고도에서는 적색광(파장 630 nm)을 방출하며, 질소 분자는 청색광(파장 427.8 nm)을 방출한다. 즉, 대기 중의 기체가 태양으로부터 온 대전된 입자의 에너지를 흡수하고 재방출할 때 나오는 빛이 오로라인 것이다.

STEAM 융합

# 지구의 보호막, 지구 자기권

지구는 매우 커다란 자석이라고 볼 수 있다. 막대 자석에 철가루를 뿌리면 자석의 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로 뻗어 나가는 자기력선을 확인할 수 있는데, 지구 역시 그와 비슷한 모양의 자기력선을 만든다. 이와 같이 지구 주변에 자기력선이 형성된 공간을 지구 자기권이라고 한다.

태양과 지구는 태양으로부터 오는 대전된 입자들의 흐름에 의해 연결되어 있다. 태양풍이라고 불리는 이 흐름은 약 450 km/s의 속도로 입자와 자기장을 운반한다. 태양풍은 태양 활동의 영향을 받는데, 태양의 흑점과 관련된 폭발인 플레어는 태양풍의 돌풍을 일으키는 원인으로 알려져 있다.

자기권은 정전기에 의해 대전된 물체들을 밀어내는데, 실제로 지구로 향하는 전기를 띤 입자들은 지구 자기권에 의해 밀려나고 있다. 지구 자기권이 없으면 태양풍은 대기에 닿게 되고, 땅 위의 생명체는 강한 에너지에 직접 노출될 수 있다.

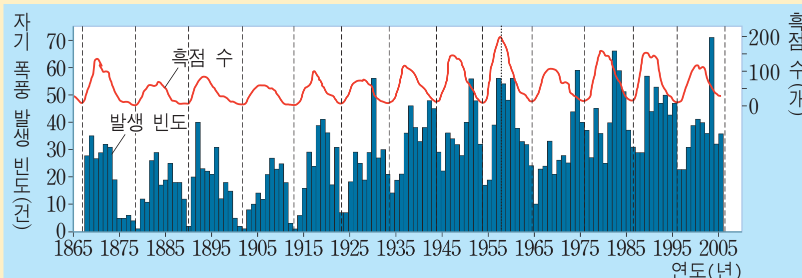


이와 같이 지구 자기권은 지구를 보호하는 역할을 하지만, 태양풍과 지구 자기장 사이에서 일어나는 상호 작용은 우리의 생활에 많은 영향을 미치고 있다. 태양풍이 강하게 몰아치는 동안에 자기 폭풍은 오로라를 만들어 내기도 하고, 라디오와 텔레비전의 전파 장애, 선박과 비행기들의 항해에 문제를 일으키기도 하며, 갑작스러운 정전의 원인이 되기도 한다. 또한 우주 공간에서는 인공위성과 우주선의 고장을 일으키기도 한다.

1. 지구, 달, 태양 139

## 심화 학습 흑점 수의 변화와 자기 폭풍의 발생

흑점 수가 증가하면 지구에서 자기 폭풍의 발생도 증가하는 것을 알 수 있다. 흑점은 태양 표면의 강한 자기장 때문에 발생하므로, 흑점 수가 많으면 자기장에 의해 응축된 태양 에너지가 갑자기 분출되는 플레어가 자주 발생한다. 플레어가 발생하면 태양의 하전 입자들이 우주 공간으로 방출되는 태양풍이 지구에 도달하여 자기 폭풍이 발생하게 된다.

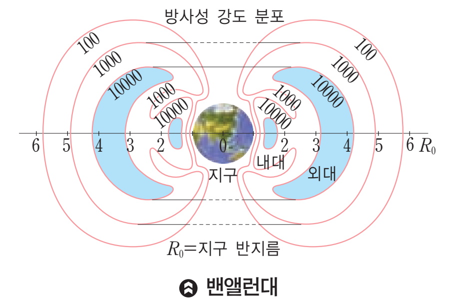



ⓐ 흑점 수의 변화와 자기 폭풍 발생 사이의 관계




### 밴앨런대(Van Allen Belt)

태양풍에서 지구의 자기권 내부로 유입된 하전 입자의 대부분은 지구 주위의 자기력선에 붙잡히게 되어 지구를 중심으로 하전 입자들이 도넛 모양으로 분포하게 되는데, 이를 밴앨런대라고 한다. 밴앨런대는 가까이는 적도 상공 약 3,000 km에서부터 멀리는 지구 반지름의 약 10배의 공간까지 퍼져 있다.



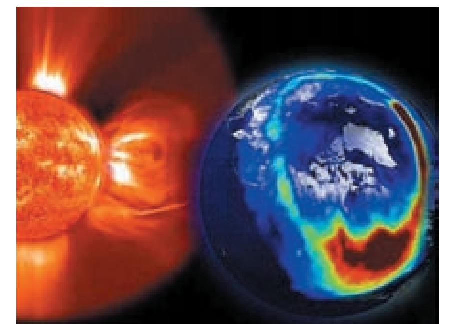

ⓐ 밴앨런대

### 자기 폭풍

태양에서 방출된 대전 입자에 의해 지구 자기장이 갑자기 강해지는 현상으로서, 1741년에 스웨덴의 천문학자 셀시우스가 오로라 변화를 통해 최초로 발견하였다.

자기 폭풍은 오로라 발생에도 영향을 미친다. 오로라는 극지방에서 일어나는 현상이지만, 거대한 자기 폭풍이 일어날 때에는 낮은 위도에서도 발생할 수 있다.

자기 폭풍이 일어날 때 극지방의 상공에서는 오로라의 발생뿐만 아니라 강력한 전류도 함께 발생한다. 전류는 전리층을 따라 흐르는 동안 지상에 위치하는 송전선이나 송유관, 원유 등과 같은 거대한 도체에 유도 전류를 발생시켜 지구에 큰 피해를 일으킬 수 있다.



ⓐ 자기 폭풍

# 2-1 태양계의 구성

## | 학습 내용 안내 |

(1) 수성, 금성, 지구, 화성을 지구형 행성으로 분류하고, 각 행성의 특징을 안다.

(2) 목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 목성형 행성으로 분류하고, 각 행성의 특징을 안다.

(3) 행성 이외에 태양계의 구성원인 왜소 행성과 소행성, 혜성, 유성체에 대해 이해한다.

## | 학습 전개 |

태양계에 속해 있는 천체들의 종류에 대하여 생각하게 한다.



태양계 행성들을 물리적 특성에 따라 분류하고, 각각의 성질을 알아보도록 한다.



소행성, 혜성, 위성 등 태양계 내에 있는 작은 천체들의 특징에 대하여 알아보도록 한다.

# 2-1 태양계의 구성



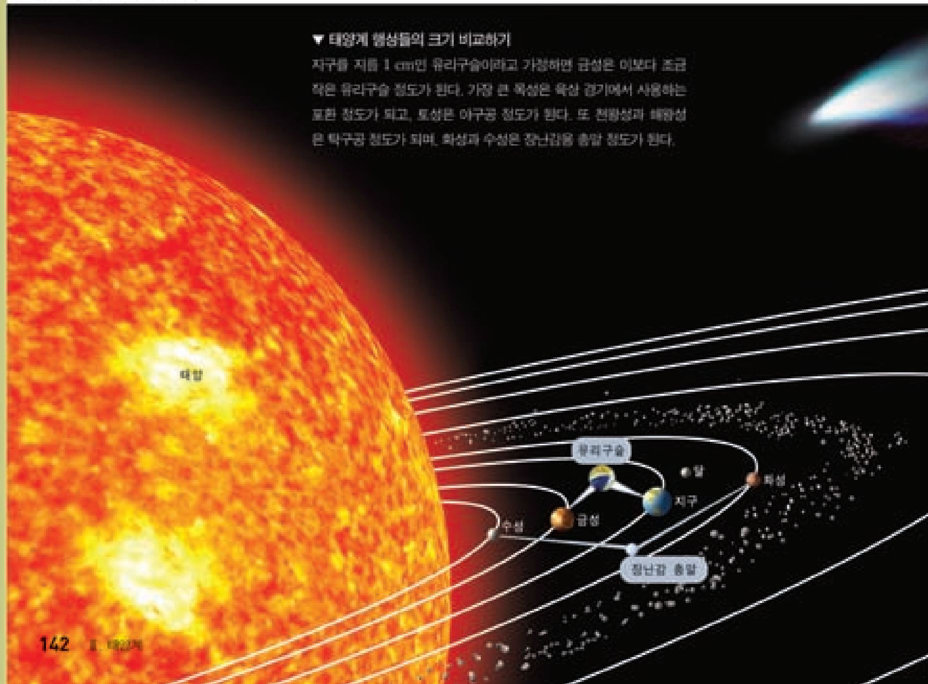
학습 목표

- 태양계를 구성하는 천체와 그 특징을 설명할 수 있다.
- 태양계 행성을 분류하여 그 특징을 설명할 수 있다.

지구는 태양 주위를 공전하는 행성이다. 지구처럼 태양 주위를 도는 행성에는 어떤 것들이 있을까? 또 태양 주위에는 행성 외에 다른 천체는 없을까?

맑은 날 밤하늘에는 수많은 별들이 보석처럼 반짝이는 것을 볼 수 있다. 별은 스스로 빛을 내는 천체로서, 지구 가까이 있는 태양도 별에 속한다. 태양의 둘레에는 지구를 비롯한 8개의 **행성**이 태양을 중심으로 거의 원궤도로 돌고 있다.

ⓘ 그림 Ⅱ-36 태양계의 구성




142

## | 관련 지식 |

### ❀ 태양계

약 46억 년 전에 형성된 태양과 태양의 중력에 의해 공전하는 천체가 이루는 체계이다.

**(1) 태양계의 구성** 태양계는 태양을 중심으로 행성, 위성, 왜소 행성, 소행성, 혜성, 유성, 가스, 티끌 등으로 구성되어 있다.

**(2) 태양계 행성의 분류**

① **지구형 행성:** 태양에 가까이 있는 수성, 금성, 지구, 화성으로서, 질량이 작고 밀도가 크다.

② **목성형 행성:** 태양으로부터 멀리 떨어진 목성, 토성, 천왕성, 해왕성으로서, 질량이 크고 밀도가 작다.

ⓘ 지구형 행성과 목성형 행성의 비교

| 행성 | 반지름 | 질량 | 평균 밀도 | 자전 주기 | 위성 수 | 고리 | 주성분 | 대기 성분 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 지구형 | 작다 | 작다 | 크다 | 길다 | 적다 | 없다 | Fe, O, Si | $CO_2$, $N_2$, $O_2$ |
| 목성형 | 크다 | 크다 | 작다 | 짧다 | 많다 | 있다 | H, He | $H_2$, He, $NH_3$, $CH_4$ |

찾아보기

- 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr
- 한국 과학 창의 재단 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 태양계의 모든 것(2009), 뉴턴프레스 저, (주)뉴턴코리아
- 천문학 및 천체 물리학(2010), Michael Zeilik 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 우주로의 여행(1998), 프랭크 로이 저, 윤홍식 역, 청범 출판사

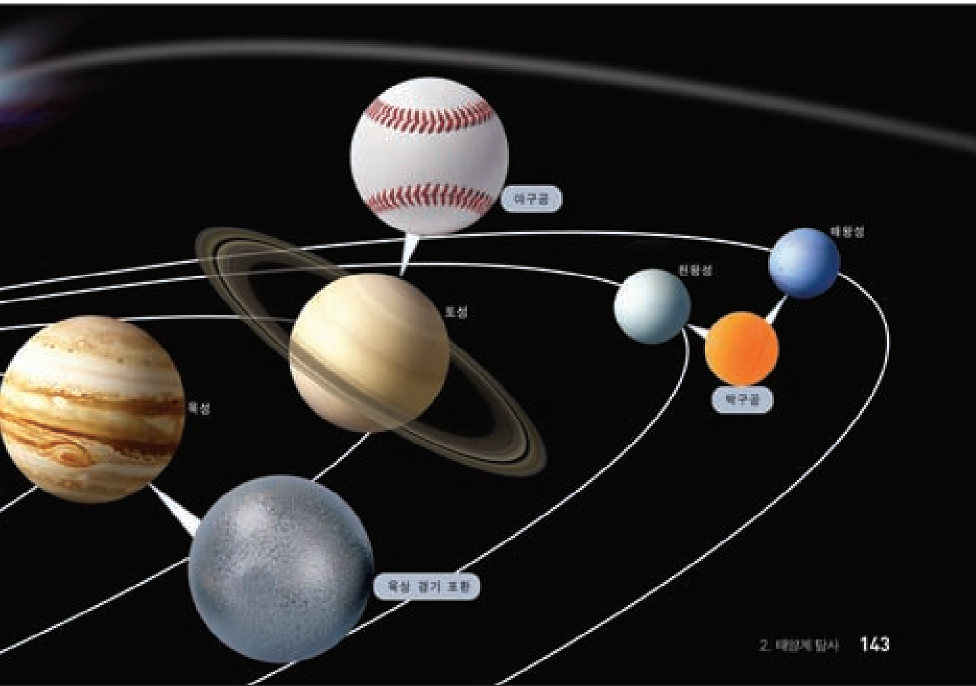
수성과 금성을 제외한 다른 행성에는 지구의 달처럼 행성 둘레를 공전하는 **위성**들이 있다. 갈릴레이는 망원경을 이용하여 목성의 위성 4개를 발견하였는데, 그 후 현재까지 관측된 행성의 위성 수는 150개가 넘는다.

또 화성과 목성 사이에는 수많은 **소행성**이 공전하고 있으며, 태양의 둘레에는 긴 꼬리를 가진 **혜성**이 가끔 나타나기도 한다. 이 밖에도 지구의 대기 속으로 들어와 빛을 내면서 타는 유성 현상을 일으키는 작은 암석 및 먼지인 **유성체**가 있다. 이와 같이 태양을 비롯하여 행성들과 그들의 위성, 그리고 소행성, 유성체, 혜성 등이 모여 하나의 큰 집단을 이루고 있는데, 이것을 **태양계**라고 한다.

태양 주위를 공전하는 8개의 행성들은 물리량에 따라 **지구형 행성**과 **목성형 행성**으로 나눌 수 있다.

잠깐 체크 태양 둘레를 도는 행성들은 별처럼 스스로 빛을 내지 못한다. 이들은 어떻게 우리 눈에 보일 수 있을까?

**갈릴레이 위성**
갈릴레이는 1609년에 인류 최초로 망원경을 이용하여 목성, 금성, 달 등의 천체를 관측하였으며, 목성 주위를 도는 4개의 위성(이오, 유로파, 가니메데, 칼리스토)을 발견하였다.




**잠깐 체크**

행성들은 태양에서 나오는 빛을 받아 반사하는데, 이 빛이 지구로 들어와 행성을 볼 수 있다.

(3) **태양계의 작은 천체들**

① **위성**: 행성 주위를 공전하는 천체로서, 행성보다 크기가 작다. 지구형 행성에는 적고, 목성형 행성에는 많다.

② **왜소 행성**: 둥근 모양을 유지할 정도의 중력은 있으나 행성보다 크기가 작은 천체로서, 원래는 행성으로 분류되었다가 2006년 왜소 행성이 된 명왕성을 비롯하여 소행성대의 세레스 등이 있다.

③ **소행성**: 주로 화성과 목성 사이에 위치하는 작은 천체들로서, 모양이 불규칙하다.

④ **혜성**: 얼음, 암석, 가스, 티끌 등이 모여 이루어진 작은 천체로서, 주로 해왕성 밖의 먼 곳에 있다가 이심률이 큰 타원이나 포물선 궤도를 그리며 태양 주위를 도는 천체이다.

⑤ **유성체**: 태양계의 공간을 떠돌아다니는 작은 암석 조각 또는 티끌이다. 지구의 인력에 끌려 떨어지면서 빛을 내는 것을 유성이라고 하며, 유성이 다 타지 못하고 지표에 떨어진 것을 운석이라고 한다.



❸ 운석

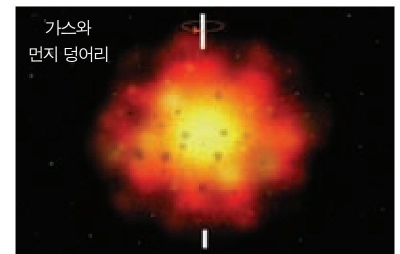


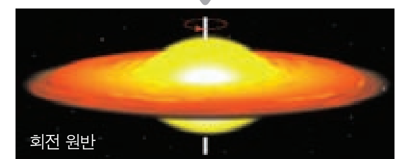

**❀ 태양의 질량**

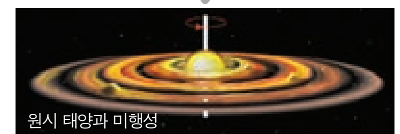
태양의 질량은 $1.9891 \times 10^{30}$ kg으로서, 지구 질량의 약 33만 배이며, 태양계 전체 질량의 약 99.8 %를 차지한다. 한편, 행성 중 가장 큰 목성의 질량은 다른 행성들을 모두 합친 질량의 2.5배나 되지만, 태양 질량의 $\frac{1}{1,000}$에 지나지 않는다.

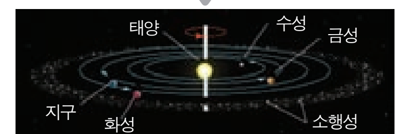
**❀ 태양계의 형성 과정**

우리 은하의 한 지역에 있던 가스와 먼지의 덩어리가 회전하는 원반을 형성하였고, 밀도가 높아지면서 중심부에 원시 태양을 형성하였다. 원반 안에서는 가스와 먼지가 모여 미행성이라는 작은 천체가 만들어졌고, 이러한 미행성들이 서로 충돌하여 합쳐지면서 행성들이 탄생하였다.




❸ 태양계의 형성 과정




### ❀ 수성

대기가 없는 수성의 표면에는 달과 같이 운석의 충돌로 생긴 다양한 크기의 구덩이가 있다. 가장 큰 것은 '칼로리스 분지'로서, 지름은 약 1,550 km이다. 또한 대기가 없으므로 표면 온도가 밤에는 −170℃이고, 낮에는 430℃로서, 밤과 낮의 온도 차가 크다.

### ❀ 금성

행성들 중 지구로부터의 거리가 가장 가까우며, 반지름은 약 6,052 km로서, 6,378 km인 지구와 크기가 가장 비슷하다. 자전 주기는 약 243일로 매우 느리며, 자전 방향은 지구와 반대 방향이다.

금성의 대기는 이산화 탄소가 대부분이며, 대기압이 90기압이나 되기 때문에 온실 효과가 매우 크게 나타난다. 따라서 표면 온도는 470℃나 되어 납의 녹는점보다 높다.



❷ 금성의 표면

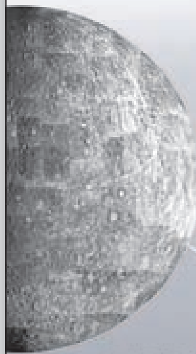
### ❀ 금성 환경의 형성 배경

금성은 지구와 비슷한 과정을 거쳐서 만들어졌지만, 태양으로부터의 거리가 생명체가 살기 어려울 정도로 가깝다. 그리고 금성의 자전 속도는 자기장이 형성될 수 있을 정도로 빠르지 못하다. 이것은 태양에서 날아오는 고에너지의 태양풍에 무방비 상태로 노출되는 것을 의미한다. 결국 금성의 대기를 구성하고 있던 분자들이 태양풍에 의해 분해되면서 지금과 같이 엄청난 양의 이산화 탄소와 황산 입자들이 발생하게 되었고, 그 결과 생명체가 살 수 없는 행성이 되고 말았다.

**지구형 행성**

태양과 가까운 거리에 있는 수성, 금성, 지구, 화성을 **지구형 행성**이라고 한다. 이들은 크기와 질량이 작으며, 주로 암석으로 이루어져 있어 밀도가 크다. 또 표면 온도가 비교적 높다.

**수성**은 태양에서 가장 가까운 행성으로서, 태양계의 행성 중 크기가 가장 작다. 대기와 물이 없어서 풍화 작용이 일어나지 않고 밤낮의 온도 차이가 매우 크다. 수성의 표면에는 수많은 운석 구덩이가 있어 달과 매우 비슷한 모습을 띠고 있다.

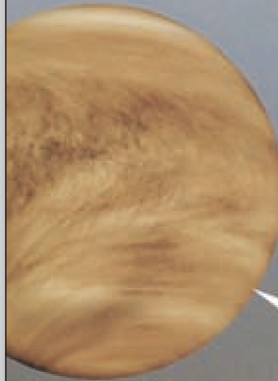


❶ 그림 Ⅱ-37 수성

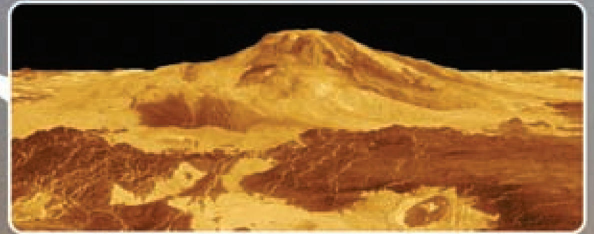


❶ 그림 Ⅱ-38 수성의 표면

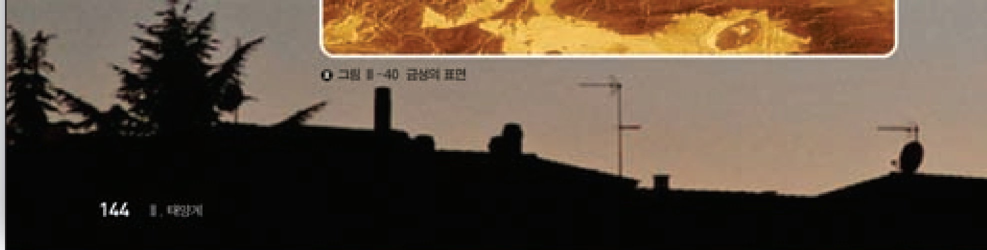
**금성**은 지구에서 가장 가까운 행성으로서, 하늘에서 볼 수 있는 천체 중 태양과 달 다음으로 밝으며, 크기와 질량이 지구와 거의 비슷하다. 그러나 대기는 짙은 이산화 탄소 대기로 둘러싸여 있어 표면의 대기압이 약 95기압이나 되고, 표면 온도는 약 470℃이다. 또 탐사선이 금성의 표면을 관측한 결과 높은 산과 계곡, 화산 등이 있다는 것이 밝혀졌다.



❶ 그림 Ⅱ-39 금성



❶ 그림 Ⅱ-40 금성의 표면



144 Ⅱ. 태양계

### 심화 학습 생명체 거주 가능 영역(habitable zone)

외계에 생명체가 존재하기 위한 조건 중의 하나는 액체 상태의 물의 존재이다. 항성 주위에 이러한 물이 존재하여 생명체가 존재할 가능성이 있는 영역을 생명체 거주 가능 영역이라고 한다. 태양계에서 이 영역은 태양으로부터 0.95~1.37 AU의 범위에 있으며, 지구는 태양으로부터 1 AU 만큼 떨어져 있어 태양계의 행성들 중 유일하게 생명체 거주 가능 영역에 포함되어 있다.




❷ 태양계에서의 생명체 거주 가능 영역

**지구**는 우리가 살고 있는 행성으로서, 지금까지 생명체가 발견된 유일한 천체이다. 지구에는 액체 상태의 물이 있으며, 적당한 양의 대기가 있어서 온도를 비교적 일정하게 유지해 준다. 대기는 질소와 산소가 주성분이며, 이러한 조건들은 생물이 살아갈 수 있는 적당한 환경을 제공하고 있다.

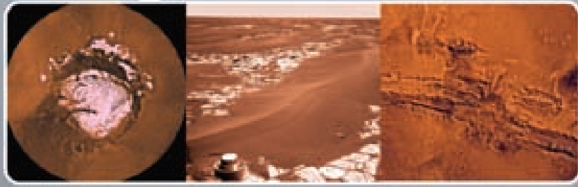
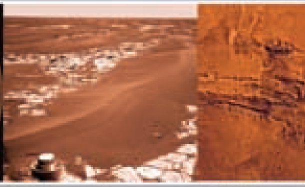
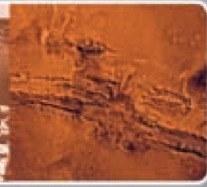
**화성**의 표면은 붉은색의 사막과 같은 모습을 하고 있다. 화성의 양극에는 얼음과 드라이아이스로 된 **극관**이 있는데, 여름에는 작아지고 겨울에는 커진다. 화성의 표면에는 과거에 물이 흘렀던 것으로 추정되는 큰 계곡이 있으며, 태양계의 행성에 있는 화산 중 가장 큰 올림포스 화산이 있다. 화성은 이산화 탄소로 이루어진 희박한 대기를 가지고 있으며, 두 개의 작은 위성도 거느리고 있다.



ⓞ 그림 Ⅱ-41 지구



ⓞ 그림 Ⅱ-42 화성

ⓞ 그림 Ⅱ-43 극관　ⓞ 그림 Ⅱ-44 표면　ⓞ 그림 Ⅱ-45 계곡

ⓞ 표 Ⅱ-1 지구형 행성의 특징



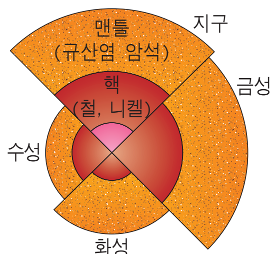
| 행성 | 태양으로부터의 거리 (지구=1) | 반지름 (지구=1) | 질량 (지구=1) | 공전 주기 (년) | 자전 주기 (일) | 평균 밀도 (g/cm³) | 고리 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 수성 | 0.4 | 0.38 | 0.05 | 0.24 | 59 | 5.43 | 없다 |
| 금성 | 0.7 | 0.94 | 0.82 | 0.62 | 243 | 5.24 | 없다 |
| 지구 | 1.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1 | 5.52 | 없다 |
| 화성 | 1.5 | 0.53 | 0.11 | 1.88 | 1.03 | 3.94 | 없다 |

(… 국제 천문 연맹(IAU))

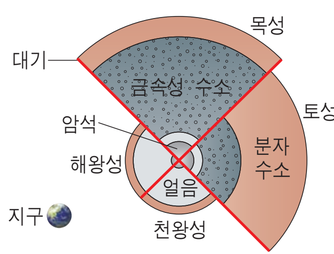
2. 태양계 탐사 145

## 참고 자료 지구형 행성과 목성형 행성의 형성 과정

지구형 행성은 태양 가까이에서 형성되었기 때문에 표면 온도가 높아 수소, 헬륨 등의 가벼운 기체 성분이나 물 분자와 같은 휘발성 물질들이 뭉쳐질 수 없었다. 따라서 철, 니켈, 규산염 물질 등의 무거운 성분으로 형성되었다. 반면에, 목성형 행성은 태양으로부터 멀리 떨어져서 형성되었기 때문에 표면 온도가 낮아 가벼운 기체들이 남아 행성을 이룰 수 있었다. 지구형 행성을 암석 행성, 목성형 행성을 기체 행성이라고도 한다.




ⓐ 지구형 행성




ⓐ 목성형 행성




### 지구

지구가 태양계에서 생명체가 존재하는 유일한 행성인 이유는 태양으로부터의 거리가 적당하여 액체 상태의 물이 존재할 수 있고, 대기가 있어서 태양으로부터 오는 자외선이나 운석으로부터 생물을 보호해 주며, 바다와 대기가 지구의 평균 온도를 일정하게 유지시켜 주기 때문이다. 또한 자기장이 있어서 태양풍과 같은 해로운 입자들을 막아 준다.

### 화성

화성의 반지름은 지구 반지름의 절반 정도인 3,397 km이며, 하루의 길이는 24시간 37분으로 지구와 비슷하다. 화성의 대기압은 약 0.007기압으로 매우 희박하며, 95 %가 이산화 탄소로 구성되어 있다. 표면에는 산화철이 많아서 붉게 보이며, 양극 지방에는 얼음과 드라이아이스로 된 흰색의 극관이 존재한다.

과거에 물이 흘렀던 흔적과 화산 활동의 흔적이 있으며, 태양계에서 가장 큰 화산인 높이 약 27 km의 올림포스 화산이 있다.

### 화성의 두 위성

수성과 금성은 위성이 없고, 지구는 위성이 하나이며, 화성은 두 개의 위성을 보유하고 있다. 포보스와 데이모스라는 이름을 가진 두 위성들은 1877년 천문학자 홀에 의해 발견되었다. 반지름이 포보스는 약 6 km, 데이모스는 약 8 km에 불과하여, 지구의 달에 비해 그 크기가 매우 작다. 이들은 화성 주위를 지나던 소행성들 중에서 화성의 인력에 의해 붙들려 위성이 된 것으로 추정하고 있다.



ⓐ 포보스　ⓐ 데이모스




### ❀ 목성

반지름이 약 71500 km로서, 태양계에서 가장 큰 행성이다. 다른 목성형 행성과 마찬가지로 표면이 기체로 되어 있으며, 수소와 헬륨이 주성분이다. 표면에는 빠른 자전 속도에 의해 생긴 줄무늬가 적도와 나란하게 나타나며, 남반구에는 대기의 소용돌이인 커다란 대적반이 있다. 이 대적반은 시계 반대 방향으로 회전하고 있는 고기압성 소용돌이이다.

### ❀ 목성의 고리

토성만큼 눈에 잘 띄지는 않지만 목성에도 고리가 존재한다. 1979년 보이저 1호가 목성을 통과하면서 지구로 보내온 사진에 목성 주위에 있는 고리가 포착되었다. 이 고리는 주로 먼지로 구성되어 있는데, 위성이 자신의 형태를 유지할 수 있는 한계인 '로시 한계' 안으로 들어와 목성의 조석력에 의해 분해되면서 생긴 것으로 추정된다.



목성의 고리

### ❀ 토성

태양계에서 두 번째로 큰 행성으로서, 아름다운 고리를 가진 것으로 유명하다. 평균 밀도는 0.7 g/cm$^3$로서, 태양계 행성 중 가장 작고, 빠른 자전 속도 때문에 편평도가 가장 큰 행성이다. 고리는 암석 부스러기, 얼음, 먼지 등으로 구성되어 있으며, 소형 망원경으로도 관측할 수 있다.



토성의 고리

그림 Ⅱ-46 목성의 대적반과 대기의 소용돌이



그림 Ⅱ-47 목성과 갈릴레이 위성

**목성형 행성**

목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 **목성형 행성**이라고 한다. 이들은 크기와 질량이 크며, 수소나 헬륨과 같은 가벼운 물질로 이루어져 있어 밀도가 작다. 목성형 행성들은 고리를 가지고 있으며, 태양에서 멀리 떨어져 있어 표면 온도가 낮다.

**목성**은 태양계 행성 중 크기와 질량이 가장 큰데, 목성 이외의 다른 행성의 질량을 모두 합한 것보다도 크다. 목성은 주로 수소와 헬륨으로 구성되어 있으며, 표면에는 빠른 자전과 대기의 대류로 생긴 가로줄 무늬와 붉은색의 커다란 점(대적반)이 있다. 목성은 여러 개의 위성을 가지고 있으며, 그중 갈릴레이가 1609년에 자신이 발명한 망원경을 이용하여 관측한 이오, 유로파, 가니메데, 칼리스토를 **갈릴레이 위성**이라고 한다. 이오에서는 화산 활동이 관측되었다.

**토성**은 얼음과 암석 조각으로 이루어진 고리를 가지고 있으며, 밀도는 약 0.7 g/cm$^3$로 물의 밀도보다 작은 것이 특징이다. 토성 역시 목성과 마찬가지로 주로 수소와 헬륨으로 이루어져 있으며, 표면에 가로줄 무늬가 있다. 토성의 위성인 타이탄은 위성 중 유일하게 대기를 가지고 있다.

그림 Ⅱ-48 토성 탐사선 카시니-하위헌스호



그림 Ⅱ-49 대기층이 존재하는 타이탄



그림 Ⅱ-50 토성

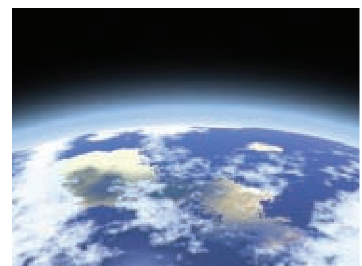
146 Ⅱ. 태양계

**참고 자료** 행성의 대기 보유 조건

지구형 행성의 대기에는 이산화 탄소, 질소 등이 많고, 목성형 행성의 대기에는 수소, 헬륨 등이 많다. 어떤 기체가 행성으로부터 탈출하기 위해서는 기체의 운동 속도가 행성의 탈출 속도보다 커야 한다. 행성의 탈출 속도($v$)는 다음과 같다.

$$v=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$$ ($G$: 만유인력 상수, $M$: 행성의 질량, $R$: 행성의 반지름)

기체의 운동 속도는 기체의 온도가 높을수록, 분자량이 작을수록 빠르다. 지구형 행성은 목성형 행성보다 탈출 속도가 작기 때문에 분자량이 작은 수소, 헬륨 등과 같은 기체들은 우주 공간으로 쉽게 날아가 버린다. 반면에, 목성형 행성의 경우 가벼운 기체들을 유지하고 있을 정도로 탈출 속도가 크기 때문에 대기에 이들 기체들을 많이 포함하고 있다.

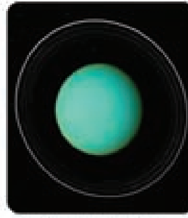


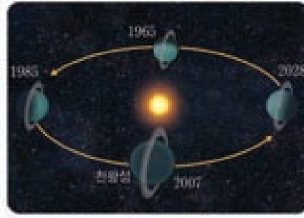
지구의 대기층

천왕성과 해왕성은 지구에서 너무 멀리 떨어져 있어 맨눈으로는 보이지 않아 망원경을 이용해야만 관측할 수 있다.

**천왕성**은 대기 중에 포함된 메테인 성분이 태양 빛의 적색 부분을 흡수하여 청록색으로 보이고, 가로줄 무늬와 고리를 가지고 있다. 특이한 점은 자전축이 공전 궤도면과 거의 나란하여 마치 공이 굴러가듯 공전하고 있다는 것이다.


❶ 그림 Ⅱ-51 천왕성


❶ 그림 Ⅱ-52 천왕성의 고리



❶ 그림 Ⅱ-53 천왕성의 자전축 기울기와 공전 궤도

**해왕성**은 파란색으로 보이고 희미한 고리가 있다. 그리고 가로줄 무늬와 검은색의 커다란 점(대흑반)이 있는데, 이것은 목성의 경우와 마찬가지로 대기의 대류 현상으로 생겨난 소용돌이이다.


❶ 그림 Ⅱ-54 해왕성


❶ 그림 Ⅱ-55 해왕성의 대흑반

❶ 표 Ⅱ-2 목성형 행성의 특징

| 행성 | 태양으로부터의 거리 (지구=1) | 반지름 (지구=1) | 질량 (지구=1) | 공전 주기 (년) | 자전 주기 (시간) | 평균 밀도 (g/cm³) | 고리 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 목성 | 5.2 | 11.21 | 317.8 | 11.86 | 9.9 | 1.33 | 있다 |
| 토성 | 9.5 | 9.45 | 95.16 | 29.49 | 10.7 | 0.70 | 있다 |
| 천왕성 | 19.5 | 4.01 | 14.54 | 84.02 | 17.2 | 1.27 | 있다 |
| 해왕성 | 30.1 | 3.88 | 17.15 | 164.77 | 16.1 | 1.64 | 있다 |

(자료 출처: 국제 천문 연맹(IAU))

2. 태양계 탐사 147



### 천왕성

대기는 주로 수소로 이루어져 있으며, 헬륨과 메테인이 일부 포함되어 있다. 대기 중의 메테인에 의해 표면이 청록색으로 보인다. 자전축이 98° 기울어져 있고, 자전 방향이 공전 방향과 반대이다.

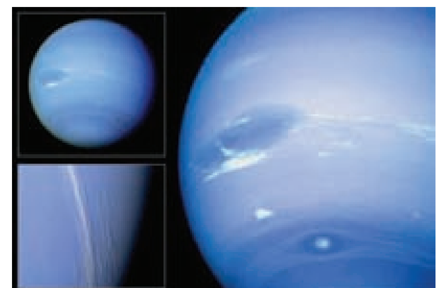

❷ 천왕성과 천왕성의 위성

### 해왕성

태양계에서 가장 멀리 있는 행성이며, 천왕성보다 약간 작다. 대기 성분은 수소가 주성분이며, 헬륨과 메테인이 포함되어 있고, 메테인이 태양 빛의 붉은색을 흡수하기 때문에 푸르게 보인다. 남반구에는 목성의 대적반과 비슷한 대기의 소용돌이인 대흑반이 있다.

### 해왕성의 대기

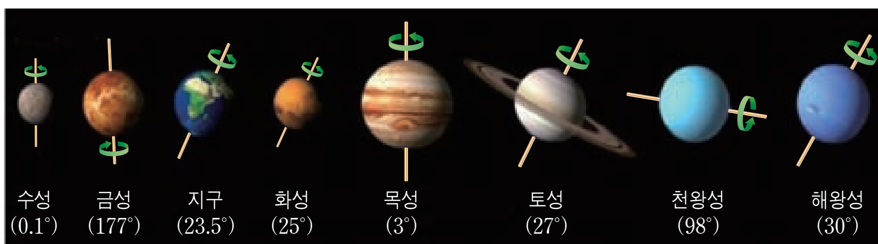
해왕성은 대기를 가지고 있으며, 독특하게 지구와 같이 대기의 층을 이루고 있다. 대기의 가장 아래쪽에 위치한 대류권은 고도가 높아질수록 온도가 낮아지며, 상층부에서는 메테인과 암모니아, 황화 수소의 구름이 형성된다. 대류권의 위쪽으로는 고도가 높아질수록 온도가 높아지는 성층권이 위치한다. 성층권의 상부에는 기온이 무려 750 K에 이르는 열권이 있다.


❷ 해왕성 대기의 짙은 구름과 대흑점



### 행성의 자전축 기울기와 자전 방향

행성들의 자전 방향은 금성과 천왕성을 제외하면 모두 같은 방향이다. 금성의 자전축 기울기는 177°이고, 천왕성은 98°이며, 금성은 다른 행성들과 반대 방향으로 자전하는 특징을 가지고 있다. 천왕성은 자전축이 공전 궤도면과 거의 비슷하기 때문에 마치 누워 있는 형상으로 자전하게 된다. 따라서 천왕성은 한 바퀴 자전하는 동안 양극과 적도가 모두 태양을 향하는 기간이 생긴다. 천왕성이 이렇게 특이한 자전축을 가지고 있는 원인에 대해 명확하게 밝혀진 바는 없지만, 학자들은 과거의 거대한 충돌로부터 생긴 현상이라고 추측하고 있다.



❷ 행성의 자전축 기울기

**잠깐 체크**

태양, 8개의 행성, 위성, 왜소 행성, 소행성, 혜성, 유성체 등이 있다.




그림 Ⅱ-56 지구, 달 및 화성의 크기와 왜소 행성의 비교

**왜소 행성, 소행성, 혜성, 유성체**

행성과 위성 외에 태양계를 구성하고 있는 천체로는 왜소 행성, 소행성, 혜성, 유성체 등이 있다.

이전에 행성으로 분류되었던 명왕성(134340 플루토)은 2006년 국제 천문 연맹에 의해 소행성이었던 세레스, 명왕성 근처에서 발견된 에리스와 함께 **왜소 행성**으로 분류되었다. 왜소 행성은 둥근 모양을 만들 수 있을 정도의 중력은 있으나, 행성에 비해 작은 천체들이다.



그림 Ⅱ-57 소행성

**소행성**은 주로 화성과 목성 사이에서 태양의 둘레를 돌고 있는 작은 천체들을 말하며, 모양이 불규칙한 것이 특징이다. 일반적으로 지름은 수 km에서 수백 km로 다양하다.



그림 Ⅱ-58 혜성

**혜성**은 얼음과 먼지로 된 작은 천체로서, 태양에 가까이 왔을 때 긴 꼬리가 생기면서 밝게 빛나는 천체이다. 꼬리는 태양의 반대쪽으로 만들어지며, 태양에 가까이 올수록 길어진다. 혜성은 행성과는 달리 긴 타원 궤도나 포물선 궤도를 그리며 태양 주위를 공전한다.



그림 Ⅱ-59 유성

**유성체**는 태양계 내에서 떠돌아다니는 작은 암석 조각이나 먼지 등을 말한다. **유성**은 유성체가 지구로 떨어지면서 대기와의 마찰로 타면서 밝게 빛나는 천체인데, 유성이 다 타지 못하고 지표에 떨어진 것을 **운석**이라고 한다.



태양계를 구성하는 천체에는 어떤 것들이 있는가?

148 Ⅱ. 태양계

## | 관련 지식 |

### ❀ 명왕성의 태양계 퇴출

국제 천문 연맹(IAU)은 2006년 총회에서 참석 과학자의 60 % 찬성으로 당시까지 태양계 행성의 일원이었던 명왕성을 행성에서 퇴출하였다. 이심률이 큰 명왕성의 공전 궤도, 다른 행성들과 17°나 차이가 나는 공전 궤도면, 달 크기의 $\frac{2}{3}$에 불과한 크기 등이 그 이유로 지적되었다. 명왕성은 화성과 목성 사이의 소행성대에서 돌고 있는 소행성인 세레스와 명왕성 바깥에서 발견된 2003 UB313(일명 '제나')과 함께 왜소 행성이라는 새로운 종류의 천체로 분류되어 '134340 플루토'라는 명칭을 새로 부여받았다.

### ❀ 목성의 위성

목성에는 63개 정도의 위성이 있는 것으로 알려져 있으며, 이 중에는 목성 가까이에 있는 네 개의 커다란 위성이 있는데, 이를 발견한 사람의 이름을 따서 갈릴레이 위성이라고 한다. 가장 안쪽에 있는 이오에서는 활화산의 분출 장면이 발견되었다.

안쪽에서 두 번째 궤도에 있는 유로파의 표면에는 액체가 뿜어 나오는 것 같은 줄무늬가 있는데, 이 무늬로 보아 표면의 얼음 밑에 액체의 물이 존재할 가능성이 있다.

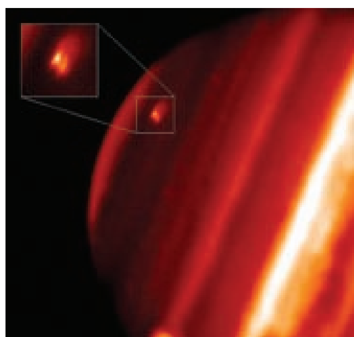
### ❀ 소행성

화성과 목성 사이에는 수많은 소행성들이 있는데, 이 구역을 소행성대라고 한다. 모양은 불규칙적이며, 태양계에는 지름이 1 km보다 큰 소행성이 100만 개 이상 있는 것으로 추정된다.

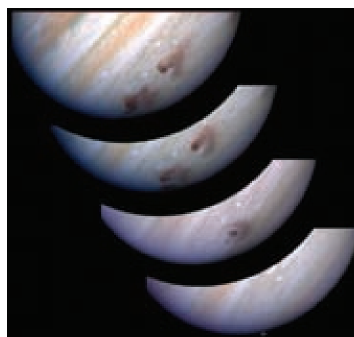
소행성은 행성과 동시에 형성된 것으로 알려져 있어 태양계의 초기 상태를 이해하는 데 중요한 자료가 된다.

**참고 자료** 목성에 충돌한 혜성

목성에 혜성이 충돌한 사건은 1994년 7월에 일어났다. 목성에 충돌한 혜성은 슈메이커-레비 제9혜성이며, 목성의 조석력에 의해 20개 이상으로 분열한 후 목성의 표면에 잇달아 충돌하여 지구 크기보다 더 큰 흔적을 남겼다.



▲ 혜성의 충돌 위치



▲ 혜성이 충돌한 자국의 변화

보충·심화

# 금성의 다른 이름

태양의 둘레를 도는 8개의 행성 중 지구보다 안쪽 궤도에서 태양 둘레를 공전하는 수성과 금성을 **내행성**이라고 하며, 지구보다 바깥쪽 궤도에서 공전하는 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 **외행성**이라고 한다.

행성들은 스스로 빛을 내지 못하지만, 햇빛을 받아 반사하므로 지구 가까이에 있는 행성들은 다른 별들보다 밝게 보인다.

금성은 행성들 중 가장 밝게 보이는데, 우리 조상들은 새벽에 보이는 금성을 동쪽에서 뜬다고 해서 '샛별' 또는 아침을 알려 준다고 해서 '계명성' 이라고 불렀다. 또 초저녁 서쪽 하늘에서 금성이 보일 무렵 배고픈 개가 '밥이나 얻어먹어 볼까' 하는 듯이 바라본다고 해서 '개밥바라기' 라고도 불렀다.

새벽이나 초저녁에 보이는 금성은 이름이 있는데 한밤중에 보이는 금성은 이름이 없는 것은 금성이 내행성이어서 한밤중에는 볼 수 없기 때문이다.

금성은 지구에 가까이 올수록 크게 보이며, 공전 궤도에서의 위치에 따라 달과 같이 모양도 변한다.




위치에 따른 금성의 모양과 크기 변화

오늘은 금성을 새벽녘이나 저녁 무렵 중 어느 때 관측할 수 있는지 조사해 보자.

2. 태양계 149

보충·심화

**금성의 모양과 크기 변화**

금성이 A→C→D 위치로 가면서 보름달, 상현달, 초승달 모양의 위상으로 변하면서 각지름이 점점 커진다.

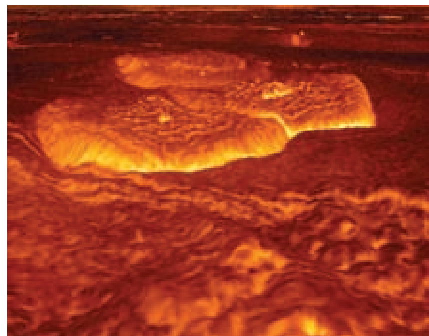
금성이 E 위치에 있을 때는 지구에서 보이지 않는데, 이를 삭이라고 한다.

금성이 F→G→A 위치로 가면서 그믐달, 하현달, 보름달 모양의 위상으로 변하면서 각지름이 점점 작아진다.




**금성의 뜨거운 표면**

2010년 8월, NASA에서 금성 표면을 촬영한 사진을 공개했다. 마젤란 탐사선은 약 4년에 걸쳐 레이더 장비를 통해 금성의 표면을 측정했다. 금성은 표면 온도가 약 470℃에 달할 정도로 뜨겁기 때문에 납이 녹을 정도라고 한다.



금성의 표면

## 심화 학습 지구 중심설과 금성의 모양 변화

지구 중심설(천동설)에서 금성은 항상 지구와 태양 사이에 존재한다. 이 위치에서 금성은 반달 이상의 위상을 가질 수 없다. 그러나 약 400년 전 갈릴레이는 천체 망원경을 통하여 금성의 위상이 초승달에서 보름달 사이의 위상을 갖는다는 것을 관측함으로써 태양 중심설(지동설)이 옳다는 것을 주장하였다.




지구 중심설




태양 중심설

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 인터넷 등을 통하여 금성과 관련된 이야기 자료를 찾아 활용할 수 있다.
2 금성은 지구와의 상대적 위치에 따라 크기와 위상이 다르다는 것을 이해하는 것이 중요하다.

## 탐구 활동 탐구

**목표**

행성 탐사 계획을 세워 보고, 탐사에 필요한 자료를 제시할 수 있다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 수업을 시작하기 전에 필요한 자료를 준비해 오도록 하면 이를 토대로 탐사 보고서를 효율적으로 작성할 수 있다.

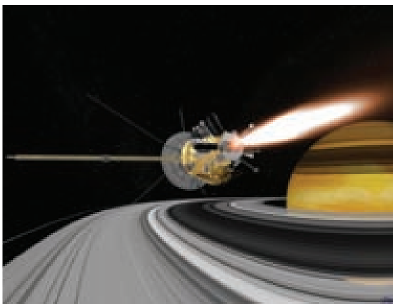
2 행성 탐사 계획을 세울 때에는 학생의 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

2 모둠별로 커다란 종이에 탐사 계획 보고서를 만들어서 게시한 후 각 모둠별 탐사 계획을 발표하도록 한다.

**과정과 결과(예시)** 창의 · 인성

• 카시니-하위헌스호의 토성 탐사

| 발사일 | 1997년 10월 15일 |
|---|---|
| 발사 장소 | 미국 케이프커내버럴 공군 기지 |
| 목표 천체 | 토성 |
| 발사 주체 | 미국과 유럽의 공동 우주 탐사선 |
| 탐사 내용 | 카시니호: 토성의 궤도를 돌면서 토성 및 토성의 위성 자료를 지구로 전송하였다. |
| | 하위헌스호: 모선인 카시니호로부터 분리되어 토성의 위성인 타이탄의 대기에 진입한 후 2005년 1월 타이탄의 표면에 착륙하여 자료를 지구로 전송하였다. |



ⓐ 카시니-하위헌스호



탐구 활동 행성 탐사 계획 세우기 탐구

다음은 인류가 우주 개발에 도전한 역사를 간단히 나타낸 것이다.



1957년 러시아(구 소련)에서 최초의 인공위성이 발사된 이후 오늘날까지 수많은 인공위성이 발사되어 지구 둘레를 돌고 있다. 이러한 인공위성은 통신, 기상, 군사, 우주 탐사 등 여러 가지 목적으로 이용되고 있다.

그 후에도 우주 개발을 위한 노력의 결과로 태양계 탐사를 위한 우주 탐사선이 개발되어 1969년에는 인간이 최초로 달에 첫발을 내딛었으며, 금성이나 화성에 무인 탐사선을 착륙시키기도 하였다.

오늘날에는 인공위성을 우주 공간으로 보내기 위한 우주 왕복선이 개발되었으며, 지구 주위에는 우주 정거장도 건설되었다. 우주 정거장에서는 사람이 장기간 머물면서 천체 관측이나 여러 가지 실험을 하고 있으며, 앞으로 달이나 다른 행성으로 가기 위한 중간 기지로도 이용할 예정이다.

우주를 탐사하고 개발하는 데에는 많은 비용이 든다. 그러나 이 과정에서 얻어진 과학 기술은 첨단 산업 발전 및 인류가 직면한 자원 고갈 문제, 환경오염 문제 등의 해결에 큰 도움이 된다. 그리고 인류의 오랜 숙제인 우주와 생명의 기원에 대한 정보를 제공할 것이다.

목표

행성 탐사 계획을 세워 보고, 탐사에 필요한 자료를 제시할 수 있다.



과정과 결과 창의 · 인성

모둠을 구성하여 행성을 하나 선택한 후, 행성을 탐사하는 계획을 세워 보자.

❶ 선택한 행성을 탐사했던 과거의 기록을 찾아 정리해 보자.

❷ 탐사하고자 하는 행성에 가서 무엇을 탐사할 것인지 목표를 설정해 보자.

❸ 탐사 방법과 탐사에 필요한 기간, 그리고 이를 위해 어떤 탐사 장비를 이용할 것인지 등을 이야기해 보자.

❹ 탐사 계획을 보고서로 만들어 발표하고, 다른 모둠의 탐사 계획과 비교해 보자.

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 문제 응용하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 지구로부터 가장 가까운 거리에 있는 별(항성)은 무엇인가? | 왜소 행성과 소행성의 모양에는 어떤 차이점이 있는가? | 운석의 연구를 통해 우리가 얻을 수 있는 것은 무엇인지 조사해 보자. |

150 Ⅱ. 태양계

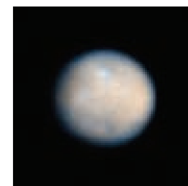
### 자 · 기 · 주 · 도 · 학 · 습

▶ **개념 확인하기**

태양_ 별은 스스로 빛을 내는 천체로서, 태양도 별에 속한다. 따라서 지구로부터 가장 가까운 거리에 있는 별은 태양이다.

▶ **문제 응용하기**

왜소 행성은 둥근 모양이고, 소행성은 일정한 모양이 없이 외형이 울퉁불퉁한 모양을 하고 있다. 왜소 행성은 소행성과 행성 중간 단계의 천체를 분류할 때 쓰인다.



ⓐ 왜소 행성(세레스)



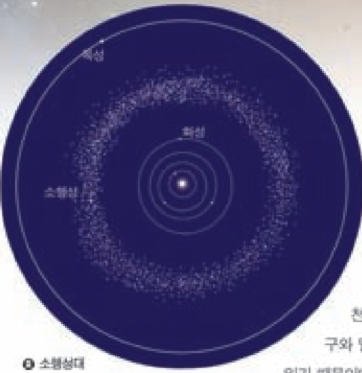
ⓐ 소행성

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

지구보다 나이가 더 많은 운석들을 분석하여 지구를 비롯한 태양계 행성들이 어떻게 생성됐는지를 이해하는 데 필요한 자료를 얻을 수 있다.

# 인류의 소행성 탐사

STEAM 융합



❸ 소행성대

소행성은 태양 둘레를 돌고 있는 작은 천체들로서, 대부분 화성과 목성 사이에 분포한다.

1801년 이탈리아의 피아치가 당시에 가장 큰 소행성인 세레스를 발견한 이후 태양으로부터 2.2~3.3 AU 떨어진 곳에서 수많은 소행성들이 발견되었다. 그래서 이 지역을 소행성대라고 한다.

소행성이나 혜성과 같은 작은 천체들의 특징과 그 기원에 대한 답을 찾는 것은 매우 중요한 일이다. 왜냐하면 태양계의 천체들이 모두 같은 시기에 생성된 것이라면, 소행성으로부터 지구와 달의 기원이나 태양계의 생성 초기 모습에 대한 해답을 얻을 수 있기 때문이다.

**코마**
혜성의 핵을 둘러싼 먼지와 가스

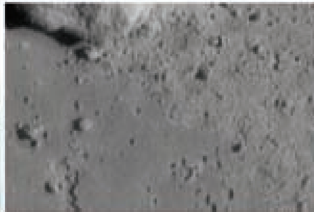
**AU(천문 단위)**
태양계 천체들 간의 거리를 나타낼 때 주로 사용하는 단위로서, 태양과 지구 사이의 거리인 1억 5천만 km를 1 AU라고 한다.

니어 슈메이커(NEAR Shoemaker)는 소행성 에로스를 탐사하기 위하여 발사되었다. 1996년에 발사된 이 탐사선은 2000년 에로스에 접근하여 많은 사진을 보내왔으며, 2001년에는 표면에 착륙하여 임무를 완수하였다.

2003년 일본에서 발사된 하야부사호는 소행성 이토가와의 샘플을 채취하기 위해 쏘아 올린 소행성 탐사선이다. 하야부사는 2005년 이토가와의 표면에 착륙하여 샘플 채집에 성공하였으며, 7년 후인 2010년 지구로 귀환하였다.

그리고 2007년에는 미국 항공 우주국(NASA)에서 여명이라는 의미를 가진 우주 탐사선 도온(Dawn)호를 발사하였는데, 도온호는 태양계 탄생 당시의 상태를 그대로 유지하고 있는 소행성 베스타와 왜소 행성 세레스의 탐사가 목적이다.


❹ 소행성 에로스에 접근하는 NEAR(상상도)


❺ NEAR가 촬영한 소행성 에로스의 표면

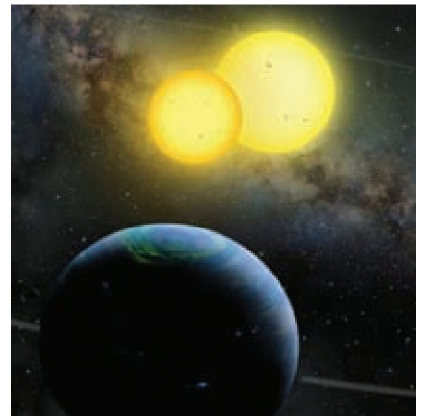
2. 태양계 탐사 151

## 학습 자료실

### ❀ 두 개의 태양이 뜨는 외계 행성

2009년 NASA가 지구 궤도로 쏘아 올린 케플러 우주 망원경을 통해 새로운 천체, 특히 외계 행성들이 속속 발견되고 있다. 행성은 항성과는 달리 온도가 낮아 스스로 빛을 내지 못한다. 그래서 지금까지 수많은 별들을 찾아냈지만 그들에 딸린 행성을 발견하지는 못했다. 그러나 케플러 우주 망원경이 제작된 이후 빛이 중력에 이끌려서 휘는 중력 렌즈 현상과 행성이 별 앞을 지나갈 때 순간적으로 발생하는 별빛의 변화를 감지하는 등의 다양한 방법을 통해 외계 행성들이 발견되었다.

그 결과 태양계와 비슷한 천체 구성원들이 우주 상에 수도 없이 많다는 사실을 알 수 있었다. 심지어 쌍성계 주위를 돌고 있는 행성도 발견할 수 있었다. 이러한 행성들은 1년에도 계절이 여러 번 변하고, 온도 변화의 폭 역시 매우 클 것으로 생각된다. 또한 천문학자들은 지구와 비슷한 외계 행성들이 생각보다 많아 우리 은하에만 수백만 개에 이를 것이라고 추측하고 있으며, 이러한 외계 행성들에서 생명체의 존재 가능성을 밝혀내기 위한 연구를 계속하고 있다.


❸ 케플러 망원경이 발견한 쌍성 주위를 도는 행성의 상상도


❸ 영화 스타워즈에서 두 개의 태양 주위를 도는 행성이 나오는 장면

## ✚ 참고 자료 지구 접근 천체(NEOs; Near-Earth Objects)

지구 접근 천체는 지구로부터 0.3 AU 이내까지 접근하는 천체로서, 주로 소행성과 혜성이 여기에 속한다. 특히 지구 접근 천체 중에서 지구와 가장 가까울 때의 거리가 0.05 AU(지구－달 거리의 20배) 이내이고, 지름이 150 m 이상인 것들을 특히 지구 위협 천체(PHAs; Potentially hazardous Asteroids)로 규정하고, 지구와의 충돌 가능성으로 인해 꾸준히 감시하고 있는 상황이다.

지금으로부터 6,500만 년 전에 지름이 약 10 km인 소행성이 지구에 충돌하여 공룡을 비롯한 수많은 생명체가 멸종되었다고 한다.

이러한 충돌은 지질 시대 동안 여러 번 있었고, 지구는 이때마다 기상 이변 등 극심한 변화를 가져오면서 생물계에 큰 변화를 가져온 것으로 추정된다.



❾ 칙술럽 운석의 충돌 위치와 분화구 크기

# 2-2 천체의 관측

## 학습 내용 안내

(1) 천체 망원경의 원리를 이해하고, 망원경을 설치하고 사용하는 방법을 안다.
(2) 천체 망원경의 설치 과정과 사용법을 익히고, 이를 통하여 실제로 천체를 관측한다.
(3) 육안 관측 및 천체 망원경을 이용한 관측을 통하여 주변 천체들의 특징을 안다.
(4) 대기가 천체 관측을 방해하는 요인임을 알고, 전파 망원경에 대해 이해한다.

## 학습 전개

천체 망원경의 구조와 원리에 대하여 알아보게 한다.



천체 망원경의 설치 방법 및 사용 방법을 알아보고, 달과 같은 천체를 실제로 관측해 보도록 한다.



천체의 관측을 통하여 천체가 가지고 있는 특징을 설명하게 한다.

찾아보기

- 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr
- 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 태양계의 모든 것(2009), 뉴턴프레스 저, (주)뉴턴코리아
- 천체 관측(2009), 김희수 저, 시그마프레스
- 천체 관측의 첫걸음(2001), 제임스 머든 저, 박승철 역, 가람 기획
- 관측 천문학(2004), 김희수 저, 북스힐

Ⅱ. 태양계

# 2-2 천체의 관측

우리 조상들은 옛날부터 천체 관측을 중요하게 생각하여 신라 시대에는 첨성대를 건설하였고, 조선 시대에는 관상감과 같은 천문 관측 기관을 두어 많은 관측 자료를 남겼다. 최근에는 어떻게 천체를 관측할까?



학습 목표
- 맨눈 및 천체 망원경을 이용하여 천체를 관측할 수 있다.
- 관측을 통해 천체의 특징을 설명할 수 있다.

조선 시대의 관천대

우리는 맨눈으로도 천체를 볼 수 있지만, 망원경을 이용하면 더 많은 천체를 뚜렷하게 볼 수 있다. 망원경을 이용하여 천체를 처음 관측한 사람은 갈릴레이이다. 1609년 그는 자신이 만든 망원경으로 태양의 흑점과 금성의 모양 변화를 관측하였으며, 목성의 위성도 발견하였다. 갈릴레이가 망원경으로 천체를 관측하기 시작한 이후 망원경에 관한 기술은 계속 발전하여 왔다.



미래의 30 m 망원경(예상도)

그림 Ⅱ-60 천체 망원경



갈릴레이의 굴절 망원경



뉴턴의 반사 망원경

152 Ⅱ. 태양계

## 관련 지식

### 망원경

**(1) 굴절 망원경과 반사 망원경**

① **굴절 망원경:** 천체에서 나오는 빛을 대물렌즈로 모은 후, 접안렌즈를 통해 상을 확대하여 관측하는 망원경이다. 대물렌즈는 크게 만들기 어렵기 때문에 대형으로 제작하기가 곤란하며, 물체의 상이 일그러져 보이는 색수차가 나타나지만, 경통이 막혀 있어서 상이 안정적이다. 달과 행성 등 고배율을 위주로 하는 천체 관측에 유리하다.

② **반사 망원경:** 천체에서 나오는 빛을 오목 거울인 주경으로 모아 부경(반사경)으로 반사시킨 후, 접안렌즈를 통해 상을 확대하여 관측하는 망원경이다. 렌즈 대신 거울을 사용하므로 대형 망원경으로 제작하기 쉽고, 색수차는 없다. 그러나 경통이 뚫려 있어 상의 흔들림이 나타난다. 성운이나 성단 등의 어둡고 저배율을 위주로 하는 천체 관측에 유리하다.

**(2) 광학 망원경과 전파 망원경**

① **광학 망원경:** 천체로부터 오는 가시광선을 이용하여 관측하는 망원경으로서, 사람의 눈으로 직접 관측할 수 있다.

**망원경의 구조와 원리**

물체에서 나오는 빛이 너무 약하면 사람의 눈으로 모을 수 있는 빛의 양이 적기 때문에 눈으로 감지하기 어렵다. 따라서 어두운 물체를 보기 위해서는 물체에서 나오는 빛을 더 많이 모아야 한다.

망원경은 사람의 눈보다 많은 양의 빛을 모아서 멀리 있는 물체를 확대하여 볼 수 있는 기구이다. 망원경은 크게 경통, 가대, 삼각대의 세 부분으로 이루어져 있으며, 빛을 모으는 방식에 따라 **굴절 망원경**과 **반사 망원경**으로 구분한다.

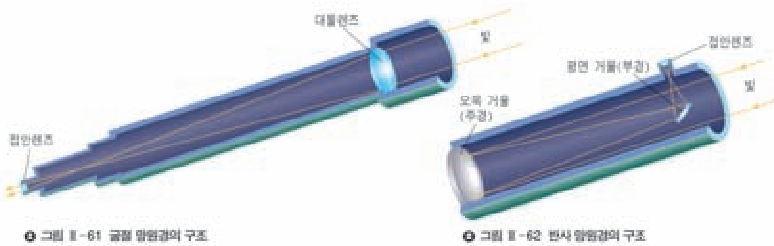



그림 Ⅱ-61 굴절 망원경의 구조 / 그림 Ⅱ-62 반사 망원경의 구조

굴절 망원경은 볼록 렌즈로 빛을 모으고, 반사 망원경은 오목 거울로 빛을 모은다. 대물렌즈인 볼록 렌즈나 오목 거울의 크기는 망원경의 성능을 결정하는 가장 중요한 요소이다.



그림 Ⅱ-63 보현산천문대

규모가 큰 광학 망원경 중 두 개의 망원경으로 구성된 하와이에 있는 켁(Keck) 천문대의 망원경은 주경의 지름이 각각 약 10 m에 이른다.

우리나라에서 가장 큰 광학 망원경은 보현산천문대에 있는 망원경으로서, 주경의 지름이 약 1.8 m이다.



그림 Ⅱ-64 켁 망원경



2. 태양계 탐사 153

② **전파 망원경:** 천체로부터 오는 전파를 이용하여 관측하는 망원경으로서, 광학 망원경과 달리 흐린 날이나 낮에도 관측할 수 있다. 성간 물질에 의한 흡수율이 적어 멀리 있는 천체를 관측하기에 알맞다.

(3) **우주 망원경** 지구 대기를 벗어난 우주에서 천체를 관측하는 망원경으로서, 대기의 영향을 받지 않아 지상에서 관측하는 것보다 훨씬 선명한 상을 관측할 수 있다. 또한 지상에서 관측할 수 없는 자외선, X선, 감마선 등으로 천체를 관측할 수 있다.



허블 우주 망원경



케플러 우주 망원경



찬드라 X선 망원경






### 망원경의 성능

(1) **집광력** 망원경의 대물렌즈에서 빛을 모으는 능력으로서, 대물렌즈의 구경의 제곱에 비례한다. 집광력이 클수록 어두운 천체를 더 밝게 볼 수 있다.

(2) **분해능** 인접해 있는 두 물체를 구분해서 볼 수 있는 능력으로서, 분해능의 크기는 대물렌즈의 구경에 반비례하고, 관측되는 빛의 파장에 비례한다. 분해능의 값이 작을수록 분해능이 좋아 물체의 세밀한 부분까지 관측할 수 있다.

(3) **배율(확대능)** 물체의 상을 확대하여 볼 수 있는 능력으로서, 확대능을 나타내는 망원경의 배율은 대물렌즈의 초점 거리를 접안렌즈의 초점 거리로 나눈 값이다. 배율이 높을수록 물체의 상은 커지고, 어둡게 보이며, 시야는 좁아진다. 대물렌즈(주경)는 고정되어 있으므로 망원경의 배율은 초점 거리가 다른 여러 개의 접안렌즈를 바꾸어가면서 변화시킬 수 있다. 초점 거리가 짧은 접안렌즈를 사용할수록 배율은 커지지만, 그 대신 상이 어두워지고 선명하게 보이지 않기 때문에 배율이 크다고 망원경의 성능이 우수한 것은 아니다. 대물렌즈(주경)가 크면 집광력과 분해능이 우수하므로 망원경의 성능이 좋아진다.

(4) **구경비** 대물렌즈의 초점 거리를 구경으로 나눈 값으로서, 흔히 $F$수라고 부른다. 상의 밝기는 구경과 배율에 의해 결정되기 때문에 구경비가 상의 밝기에 영향을 미친다. 구경비가 4인 것이 6인 것보다 약 2.25배 밝은 상을 보여 준다.

(5) **수차** 망원경으로 대상을 관측할 때 상이 선명하게 보이는 것을 방해하는 현상이다. 이러한 현상은 빛의 파장과 렌즈의 특성 등의 요인에 의해 초점이 정상적인 지점에 맺히지 않기 때문에 발생한다. 대표적으로 색수차와 구면 수차가 있다.



## ❀ 망원경 조작하기

**(1) 균형 맞추기**

① 남북 균형 맞추기: 경통의 홀더를 약간 풀어 경통을 앞뒤로 움직여 가면서 경통의 무게 균형을 맞춘다.

② 동서 균형 맞추기: 균형추의 위치를 움직이면서 경통과 균형추 사이의 무게 균형을 맞춘다.

**(2) 파인더 정렬하기**

① 주 망원경과 파인더의 중앙을 일치시켜서 정확하게 같은 방향이 되도록 한다.

② 주 망원경은 배율이 높기 때문에 시야가 좁다. 따라서 천체를 쉽게 찾기 위해서는 배율이 낮아 시야가 넓은 파인더를 먼저 사용해야 한다.

**(3) 극축 맞추기**

① 적도의식 망원경의 적경축이 북극성을 향하도록 한다(극축 망원경의 중앙에 북극이 오도록 맞춘다.).

② 극축 맞추기를 해 두면 자동 추적 장치를 이용하여 별의 일주 운동 궤적을 계속 추적하면서 관측할 수 있다.

지구 상에 설치된 망원경이 지구의 자전에 의해 회전하면 처음에 맞추어 둔 천체를 계속 관측할 수 없으므로, 자동 추적 장치는 지구 자전과 같은 각속도로 지구와 반대 방향으로 도는 모터를 설치하여 계속 관측할 수 있도록 하는 장치이다.

③ 경위대식 가대에는 극축 망원경이 없으므로 극축 맞추기를 하지 않는다.

**(4) 관측하기**

① 천체를 파인더 중앙에 위치시킨 후 주 망원경으로 관측한다.

② 시야가 넓은 저배율로 먼저 관측하고, 점차 배율을 높여가면서 관측한다(접안렌즈의 초점 거리가 긴 것부터 관측하고, 짧은 것으로 바꿔가면서 관측한다.).

고배율로 관측하면 시야가 좁고 상이 어둡다. 반대로, 저배율로 관측하면 시야가 넓고 상이 밝다.

망원경의 구조와

▶ 망원경은 불빛이 없고 시야가 넓은 장소를 선택한 후 다음과 같은 순서로 설치하여 사용한다.



❶가대를 삼각대 위에 설치한다.



❷균형추를 연결한 다음 경통을 가대에 고정시킨다.



❸경통 앞뒤의 균형, 경통과 균형추의 균형을 잡는다.




❹ 굴절 망원경

154 Ⅱ. 태양계





## ❀ 세계의 주요 천문대와 망원경

(1) **경상북도 보현산 국립 천문대** 우리나라에 있는 광학 망원경 중 최대 구경인 180 cm짜리 반사 망원경이 있다.

(2) **미국 위스콘신 주에 있는 여키스(Yerkes) 천문대** 구경 102 cm의 세계 최대 굴절 망원경이 있다.

(3) **미국 하와이 주의 켁(Keck) 망원경** 마우나케아 산꼭대기에 구경 10 m의 반사 망원경이 두 개 있다. 망원경은 지름이 1 m인 육각형 거울 36개를 복합하여 만들었다.

(4) **푸에르토리코에 있는 아레시보(Arecibo) 천문대의 전파 망원경** 세계 최대의 고정식 전파 망원경으로서, 구경은 305 m이다. 우리나라에는 대덕에 지름이 14 m인 전파 망원경이 있다.

(5) **허블 우주 망원경** 1990년에 미국 항공 우주국(NASA)과 유럽 우주국(ESA)이 공동으로 발사한 우주 망원경이다. 지상 600 km 높이에 떠 있으며, 구경은 2.4 m로서, 켁 망원경보다는 작지만 대기의 영향을 받지 않기 때문에 분해능이 훨씬 우수하다.

설치 및 사용 방법

체험 활동



ⓒ 반사 망원경


ⓐ 주 망원경의 시야 중심에 있는 물체가 파인더의 십자선 중앙에 오도록 조절한다.


ⓑ 적도의식 가대의 경우 극축이 천구의 북극을 향하도록 조정한다.


ⓒ 파인더로 관측하려는 천체를 찾은 후 주 망원경의 접안렌즈로 천체가 잘 보이도록 초점을 맞추고 관측한다.

2. 태양계 탐사 155

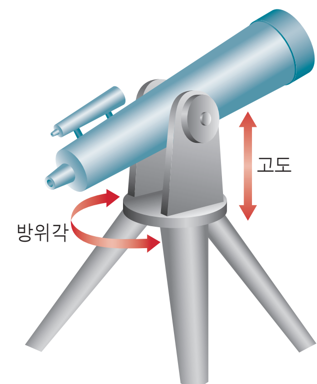


## 학습 자료실

### ❀ 가대의 종류

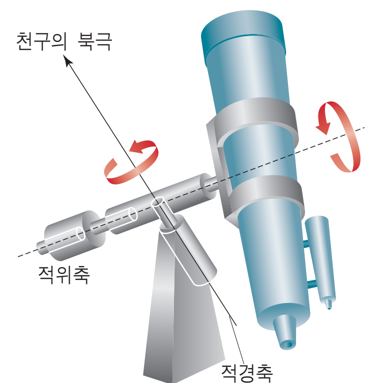
가대는 망원경의 경통을 삼각대 위에 올려놓기 위한 받침대이며, 경위대식 가대와 적도의식 가대가 있다.

(1) **경위대식 가대** 방위각 방향(수평)과 고도 방향(연직)으로 회전할 수 있는 구조이며, 간단하고 사용하기는 쉽다. 그러나 별을 추적하기 위해 상하·수평 미동 나사를 동시에 계속 조정해야 하므로 천체를 장시간 추적하면서 관찰하거나 사진을 찍기에는 적합하지 않다.



ⓐ 경위대식 가대

(2) **적도의식 가대** 적경 방향과 적위 방향으로 회전할 수 있는 구조로 되어 있으며, 적경축(극축) 방향을 천구의 북극에 일치시키는 극축 맞추기를 해야 하는 불편함이 있다. 그러나 극축을 맞추어 놓은 후에는 별을 장시간 추적하거나 노출이 긴 사진을 찍기에 편리하다.



ⓐ 적도의식 가대

**+참고 자료** 천체 사진 촬영 방법

(1) **고정 촬영** 삼각대를 부착한 카메라를 고정시켜 촬영하는 방법으로서, 노출 시간을 길게 하여 천체의 일주 운동 궤적을 촬영할 때 많이 이용한다.

(2) **가이드 촬영** 망원경에 촬영용 카메라와는 별도로 카메라나 소형 망원경을 부착하여 일주 운동을 하는 별을 계속 추적하면서 촬영하는 방법으로서, 노출 시간을 길게 하여 어두운 천체를 촬영할 때 많이 이용한다.

(3) **직초점 촬영** 접안렌즈를 떼어 낸 망원경의 접안부에 렌즈를 제거한 카메라 몸체를 부착시켜 촬영하는 방법으로서, 작은 천체를 확대하여 촬영할 때 이용한다. 이때 망원경의 대물렌즈(주경)는 카메라의 렌즈 역할을 한다.


ⓐ 고정 촬영

## 탐구 활동 관측

**| 목표 |**

망원경으로 달을 관측하여 표면의 특징을 설명할 수 있다.

**| 원리 설명 |**

1 맨눈으로 관측할 때와 달리, 망원경으로 관측하면 달의 표면 지형을 더 자세하게 볼 수 있음을 알 수 있다.

2 달에는 어두운 지형과 밝은 지형이 존재하며, 다양한 크기의 운석 구덩이가 있음을 알 수 있다.

**| 유의점 |**

1 보름달일 때에는 햇빛이 달의 정면을 비추기 때문에 그림자가 잘 생기지 않아 지형을 구분하기 힘들다. 따라서 그림자가 잘 생기는 초승달이나 반달일 때 관측하는 것이 좋다.

2 망원경에 문글라스를 끼워서 관찰하면 눈부심을 막을 수 있다.




⊗ 문글라스

3 망원경으로 달을 보면 거꾸로 보이므로 유의한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 달은 모양과 위상이 매일 달라지므로 관측하기 좋은 시기를 미리 알아 둘 필요가 있다. 반달일 때에는 운석 구덩이의 그림자가 선명하게 만들어지므로 관측하기에 좋다.

2 카메라로 사진을 찍어 두면 손으로 스케치하는 불편함을 덜 수 있고, 관측이 끝난 후에도 달의 모양을 지속적으로 확인할 수 있다.

배율을 바꿀 때
망원경의 배율을 달리하여 관측하고 싶으면 초점 거리가 다른 접안 렌즈를 바꾸면 된다.



**천체의 관측**

달은 지구의 유일한 위성으로서, 별이나 태양 그리고 행성들보다 지구에 아주 가까이 있어 맨눈으로도 표면의 모습을 어느 정도 볼 수 있다. 옛날 사람들은 달 표면의 밝고 어두운 모습을 보고 계수나무와 토끼 이야기를 만들어 내기도 하였다.

망원경으로 보는 달 표면은 맨눈으로 보는 것과 어떻게 다를까?

**탐구 활동 달의 표면 관측 관측**

목표
망원경으로 달을 관측하여 표면의 특징을 설명할 수 있다.

준비물
망원경, 손전등, 월면도, 스케치 판, 연필

유의점
1. 그림자가 잘 생기는 초승달이나 반달일 때 관측하는 것이 좋다.
2. 망원경에 문글라스를 끼워 관찰하면 눈부심을 막을 수 있다.
3. 망원경으로 달을 보면 거꾸로 보이므로 유의한다.

과정
❶ 관측하는 날의 달의 모양, 달이 뜨고 지는 시각 등을 인터넷에서 미리 조사한다.
❷ 달을 망원경으로 관측하면서 표면의 모습을 스케치한다. 이때 밝은 부분과 어두운 부분, 작은 구덩이 등의 지형을 자세히 그린다.
❸ 스케치한 달 표면의 모습을 월면도와 비교해 본다.



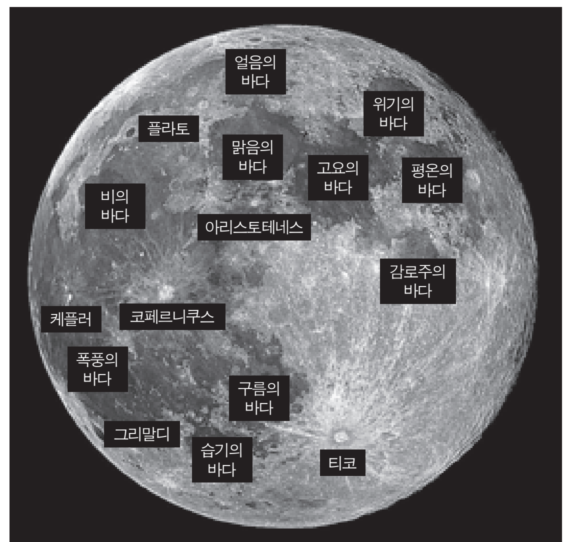
결과 및 해석 창의 · 인성
1 달 표면의 어두운 부분과 밝은 부분 중 지형이 더 울퉁불퉁한 곳은 어디인가?
2 달 표면의 어두운 부분과 밝은 부분 중 둥근 구덩이가 적은 곳은 어디인가?
3 내가 스케치한 달의 표면 모습과 같은 반 친구가 스케치한 것을 비교해 보자.

156 Ⅱ. 태양계

**| 결과 및 해석 |** 창의 · 인성

1 **밝은 부분_** 달에서 밝은 부분은 고지 또는 대륙이며, 운석 구덩이가 많이 분포되어 있기 때문에 지형이 울퉁불퉁하고 험하다.

2 **어두운 부분_** 어두운 부분은 바다이다. 달의 바다는 화산 활동에 의해 현무암질 용암이 분출한 곳이다. 따라서 운석 구덩이가 용암으로 덮여 있기 때문에 고지보다 운석 구덩이의 수가 적고 어둡게 보인다.




⊗ 달의 지형

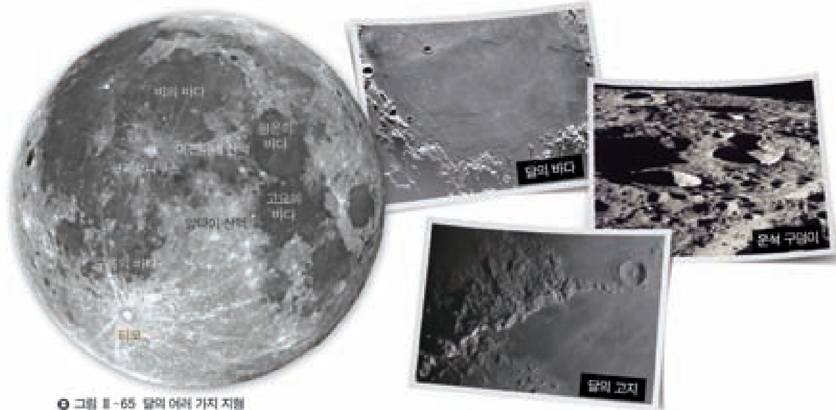



그림 Ⅲ-65 달의 여러 가지 지형

위 그림은 달을 소형 망원경으로 보았을 때의 모습이다. 망원경으로 달을 보면 맨눈으로는 볼 수 없었던 수많은 운석 구덩이를 볼 수 있다.

달의 표면은 밝은 부분과 어두운 부분으로 뚜렷하게 구별된다. 이 중 밝은 부분은 험한 산지로 되어 있어 **고지**라고 한다. 이곳에는 수많은 둥근 구멍이들이 흩어져 있는데, 옛날에는 화산 폭발로 생긴 분화구라고 생각하였다. 그러나 과학자들의 연구 결과 이것들은 대부분 운석의 충돌에 의해 생긴 구덩이임이 밝혀졌다.

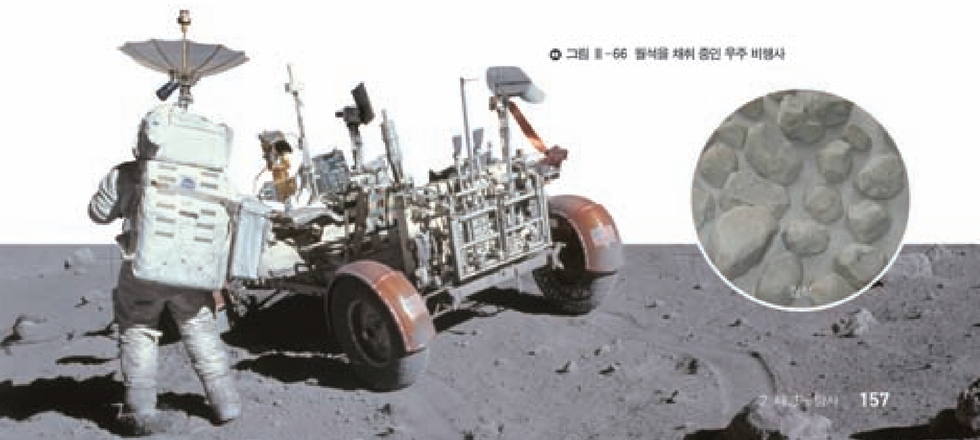
어두운 부분은 옛날부터 **바다**라고 부르고 있으나 실제로는 물이 없다. 이곳이 어둡게 보이는 이유는 현무암질 암석으로 되어 있기 때문이다. 달의 바다는 주위의 고지보다 낮고 비교적 편평하며, 운석 구덩이는 별로 없다.

더 지세히

크레이터

달, 위성, 행성의 표면에 있는 크고 작은 구덩이를 말한다. 운석, 화산, 내부 가스의 분출 등 여러 가지 원인에 의하여 만들어지며, 그 크기는 지름이 200 km를 넘는 거대한 것부터 수 m의 작은 것까지 다양하다.

그림 Ⅲ-66 월석을 채취 중인 우주 비행사



157

**참고 자료** 달과 토끼

우리 조상들은 달의 표면에 나타난 모양을 보고 토끼가 방아를 찧는 모습을 상상하였다. 달의 표면에 나타난 모양은 세계의 각 나라마다 여러 가지로 표현하였다. 서양에서는 달의 모습을 여인의 얼굴로 보기도 하였으며, 당나귀의 모습, 집게발을 들고 있는 게의 모습 등 나라마다 다양한 모습으로 상상하였다.

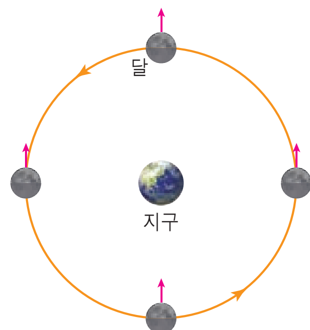


다양한 모양으로 표현된 달 표면의 무늬

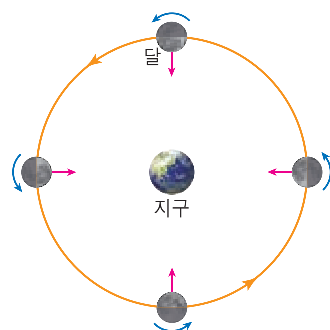



### 달의 동주기 자전

달은 공전 주기와 자전 주기가 같기 때문에 항상 한쪽 면만 보인다. 만약 달이 자전하지 않고 공전만 한다면 달이 지구를 한 바퀴 공전하는 동안 지구에서는 달의 모든 면을 볼 수 있게 된다.




달이 자전하지 않고 공전만 하는 경우




달이 자전하면서 공전하는 경우

### 달에서 보는 지구

달은 동주기 자전을 하기 때문에 지구에서는 달 표면의 같은 면만 볼 수 있다. 그러나 달이 뜰 때와 질 때 지구에서 보는 각도와 차이가 나고, 달의 공전 궤도가 지구의 공전 궤도와 약 5° 기울어져 있기 때문에 실제로 지구에서 볼 수 있는 달의 표면은 절반보다 약간 더 넓은 59 % 정도이다.

### 달이 지구에서 멀어지고 있다?

현재 달은 매년 약 3.6 cm씩 지구에서 멀어지고 있다. 달이 있기 때문에 지구는 안정적인 자전축을 유지하면서 생물체가 살기에 적절한 행성이 될 수 있었다. 만약 달이 지구에서 떨어져 나간다면 전문가들은 이상 기후로 인한 큰 재앙이 올 것으로 우려하고 있다.



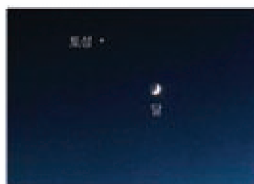
한편, 그림 Ⅱ-67과 같이 태양 필터를 부착한 소형 망원경을 이용하면 태양 표면의 검은 흑점을 볼 수 있다. 또한 토성의 경우 맨눈으로는 작은 별처럼 보이지만, 망원경으로 보면 적도를 따라 나타나는 고리를 볼 수 있다. 이와 같이 맨눈으로는 볼 수 없는 천체의 모습을 소형 망원경으로는 비교적 자세히 관측할 수 있다.

갈릴레이가 망원경을 처음 만들어 천체를 관측한 이후 과학자들은 점점 성능이 좋은 망원경을 만들었고, 현재는 구경이 약 10 m에 이르는 망원경까지 등장하여 우주에 있는 천체를 관측하고 있다.

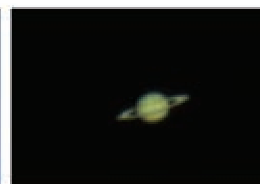
지구의 대기는 별빛을 흡수하거나 흩어지게 하므로 지구 대기의 영향을 적게 받기 위해 높은 산에 천문대를 건설하여 망원경을 설치한다. 또 허블 우주 망원경과 같이 지구 대기의 영향을 전혀 받지 않는 지구 밖의 우주 공간으로 망원경을 띄워 올려 천체를 관측하기도 한다.

한편, 우주에 있는 천체는 사람의 눈에 보이지 않는 전파를 방출하기도 하는데, 이러한 전파를 관측하는 망원경을 **전파 망원경**이라고 한다. 전파 망원경을 이용하면 밝은 낮에도 천체를 관측할 수 있다.

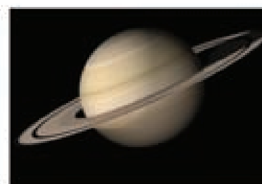
❶ 그림 Ⅱ-67 태양 관측




❶ 그림 Ⅱ-68 맨눈으로 본 달과 토성



❶ 그림 Ⅱ-69 망원경으로 본 토성



❶ 그림 Ⅱ-70 우주 망원경으로 본 토성

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 천체 관측 도구에는 어떤 것들이 있는가? | 망원경을 이용해 멀리 있는 물체의 사진을 확대하여 찍으려면 어떻게 하면 될까? | 천체 관측 도구의 발명이 우리에게 준 혜택에는 어떤 것들이 있는지 말해 보자. |

158 Ⅱ. 태양계

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

천체를 관측하기 위한 도구에는 쌍안경, 소형 망원경에서부터 천문대의 대형 망원경, 우주 망원경에 이르기까지 다양하다. 또한 관측하는 파장에 따라 광학 망원경, 적외선 망원경, 전파 망원경, 자외선 망원경, X선 망원경, 감마선 망원경 등이 있다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

멀리 있는 물체를 확대하여 사진을 찍고 싶으면 카메라의 렌즈 대신 망원경의 대물렌즈를 끼워서 사용하면 되는데, 이러한 방법을 직초점 촬영이라고 한다.



❷ 직초점 촬영

### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

천체 망원경 등 천체 관측 도구의 발명에 따라 맨눈으로 볼 수 없었던 천체들의 모습을 자세히 관측할 수 있게 되었고, 이것은 우주관이 지구 중심설에서 태양 중심설로 바뀌는 데 커다란 역할을 하였다. 또한 우주의 모습을 좀 더 자세히 볼 수 있게 되면서 우주의 기원을 보다 잘 이해할 수 있게 되었다.

인공위성의 발명은 지구 관측을 가능하게 하였으며, 일기 예보 등에 활용하고 있다.



❷ 영월 별마로 천문대

### ✚ 참고 자료 구경이 큰 망원경이 관측에 유리한 이유

연구 목적으로 관측하는 천체 망원경들은 구경이 매우 크며, 가격 또한 구경에 비례하여 올라간다. 그 이유는 무엇일까?

렌즈는 일반적으로 볼록 렌즈와 오목 렌즈로 나뉜다. 오목 렌즈는 입사되는 빛을 사방으로 흩뜨리지만, 천체 망원경의 대물렌즈로 사용되는 볼록 렌즈는 빛을 한 곳으로 모은다. 별빛은 지구로부터 멀리 떨어진 별에서부터 오기 때문에 그 양이 매우 적어 최대한 빛을 모으기 위해서는 렌즈의 지름, 즉 구경이 커야 할 필요가 있다. 물론 구경이 큰 만큼 대형 천체 망원경의 건설 비용은 천문학적으로 올라간다.

최근 미국과 유럽에서는 무려 50억 달러가 넘는 비용을 투자하여 마젤란 망원경을 제작하고 있으며, 한국천문연구원도 참여하고 있다.



❷ 마젤란 망원경 조감도

체험 활동

# 우주를 꿈꾸는 사람들 _ 우주 과학자

우주 과학자는 우주 탄생의 비밀을 연구하는 분야에서부터 행성 탐사 분야에 이르기까지 매우 다양한 연구를 한다. 이들은 이 밖에도 혜성, 운석 그리고 은하계 등에 대해서도 매우 다양하고 광범위한 연구를 한다.

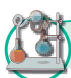
우주 과학 분야는 오랜 옛날부터 하늘에 대한 의문을 품고 밤하늘을 관찰하던 천문학자들로부터 시작되었으며, 그 후 망원경이 발명되어 천체를 더 자세히 관찰할 수 있게 되면서 빠르게 발전하였다.

일반적으로 우주 과학자는 항공 우주 공학 또는 천체 우주 공학을 공부하며, 물리학과 천문학 분야의 기본 지식도 갖추어야 한다. 이러한 지식은 인공위성 개발과 이를 통해 얻어진 기술을 바탕으로 천체 탐사에 응용된다. 즉, 우주 과학은 최첨단 기술의 집결 분야라고 할 수 있다.

우주 과학자는 한국항공우주연구원과 나로 우주 센터, 한국천문연구원을 비롯하여 우주 과학과 관련된 정부 및 사설 연구 기관 등에서 일할 수 있다.


❸ 한국천문연구원


❹ 한국천문연구원의 전파 망원경



우리 주위에서 우주 과학과 관련된 일을 하는 곳은 어디인지 조사해 보고, 견학·체험 프로그램에 참여해 보자.

2. 태양계 탐사 159

## 학습 자료실

### ❀ 우리나라의 우주 개발

2008년 4월, 우리나라의 이소연 씨가 러시아의 소유즈 우주선을 타고 국제 우주 정거장에서 11일간 체류함으로써 한국인 최초의 우주인이 되었다. 이로써 우리나라는 세계에서 36번째 우주인 배출 국가가 되었으며, 고흥의 나로 우주 센터 설립 등으로 우주 개발에 더욱 가속도가 붙을 것으로 예상된다.

한편, 이소연 씨가 우주로 가져갔던 우리나라의 우주 식품이 호평을 받음에 따라 불고기, 비빔밥 등의 한국형 우주 식품 9종이 러시아 연방 국립 과학 센터로부터 우주 식품으로 인증을 받았다. 이와 같이 우주 개발은 우리나라의 세계적 위상을 높일 뿐만 아니라 기술 개발을 통한 경제 발전에도 도움이 될 것이다.


❷ 우리나라에서 개발된 우주 식품



체험 활동

### ❀ 한국천문연구원

(http://www.kasi.re.kr)

1974년 국립 천문대에서 출발한 우리나라의 대표적인 천문 연구 기관이다. 광학, 전파, 이론, 관측 천문학 및 우주 천문학 연구를 통해 천문학의 핵심 과제를 연구하고 기술을 개발하고 있다.

### ❀ 한국항공우주연구원

(http://www.kari.re.kr)

국가 항공 우주 기술의 중심 연구 기관으로서, 다목적 실용 위성 개발, 나로 우주 센터 건립 및 우주 발사체인 나로호의 개발, 한국형 헬기 사업, 스마트 무인기 사업 등의 임무를 맡고 있다.

### ❀ 나로 우주 센터 우주 과학관

(http://www.narospacecenter.kr)

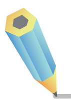
로켓, 인공위성, 우주 탐사 등의 테마로 구성된 과학관이자 우주 관련 체험 학습 공간으로 설립되었다. 또한 나로호 발사를 비롯하여 우주 과학 연구가 진행되고 있는 국내 우주 산업의 중심지이다.


❷ 나로 우주 센터 우주 과학관

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 우주 과학자에 대한 이해를 통하여 학생들이 우주 과학자가 하는 일과 이들이 인류 발전에 이바지하고 있음을 생각하게 할 수 있다.

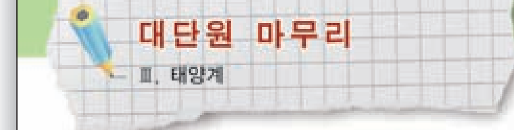
2 우주 과학자가 되기 위해 어떤 준비를 해야 하는지, 어떤 곳에서 일을 하게 되는지 등에 대하여 이해시키도록 한다.



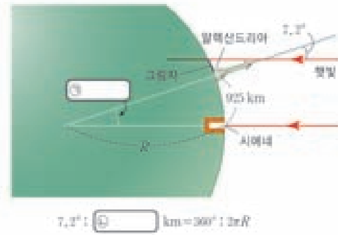
# 대단원 마무리

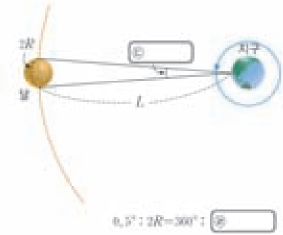
Ⅲ. 태양계

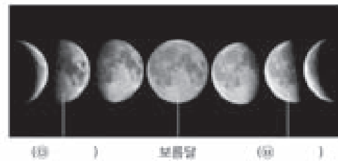
## 개념 정리하기

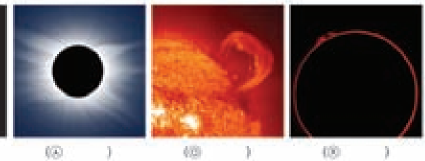




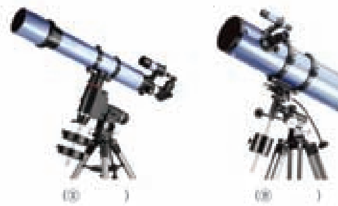











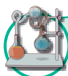






### 괄호 넣기 정답

㉠ 7.2°, ㉡ 925, ㉢ 0.5°, ㉣ $2\pi L$, ㉤ 상현달, ㉥ 하현달, ㉦ 코로나, ㉧ 홍염, ㉨ 채층, ㉩ 수성, ㉪ 화성, ㉫ 토성, ㉬ 굴절 망원경, ㉭ 반사 망원경



학습 자료실

### ❀ 망원경 부품의 용도

(1) **태양 필터** 태양 상을 망원경의 접안렌즈를 통해 직접 볼 때 필요한 기구

(2) **태양 투영판** 태양 상을 투영판에 투영하여 스케치할 때 필요한 기구

(3) **천정 프리즘** 고도가 매우 높은 천체를 관측할 때 망원경의 접안부에 맺힌 상을 수직으로 꺾어서 보는 기구

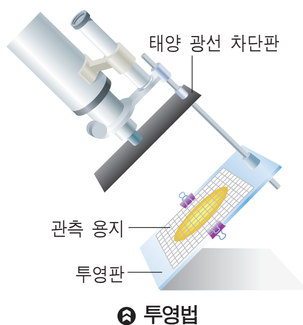
(4) **바로우 렌즈** 망원경의 대물렌즈의 초점 거리를 늘려서 천체를 보다 자세히 관측하고자 할 때 활용되는 기구

(5) **리듀서** 망원경의 대물렌즈의 초점 거리를 줄여서 천체를 보다 밝게 관측하고자 할 때 활용되는 기구

### ❀ 태양을 관측하는 방법

(1) **직시법** 망원경의 경통 앞에 태양 필터를 설치한 후 접안렌즈를 직접 들여다보면서 관측하는 방법이다.

(2) **투영법** 망원경에 의해 만들어지는 태양의 상을 투영판에 투영시켜 관측하는 방법이다.




❷ 투영법

### 관련 지식

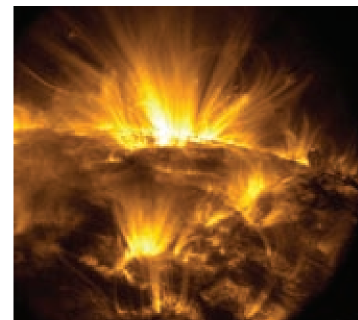
### ❀ 홍염과 플레어의 구별

태양의 표면인 광구 위쪽으로 붉게 보이는 대기층을 채층이라고 한다. 이 채층 물질이 위로 수십만 km 높이까지 고리나 불기둥 모양으로 솟구쳐 오르는 현상을 홍염이라고 한다.

홍염과 달리 흑점 주위에서 태양을 이루는 물질이 폭발적으로 방출되는 현상을 플레어라고 한다.



❷ 홍염



❷ 플레어

## 개념 적용하기

1 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상과 관계있는 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 월식 때 달에 비친 지구 그림자
ㄴ. 항구로 들어오는 배에서 먼저 보이는 등대
ㄷ. 마젤란의 세계 일주
ㄹ. 변하지 않는 북극성의 고도
ㅁ. 태양과 달의 각거리 일치

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㅁ

2 지구의 자전으로 나타나는 현상은?
① 우리나라에 계절 변화가 생긴다.
② 매일 밤 보이는 달의 모양이 변한다.
③ 별들이 북극성을 중심으로 회전한다.
④ 별자리 사이에서 태양의 위치가 이동한다.
⑤ 해가 진 후에 서쪽 하늘에서 보이는 별자리가 달라진다.

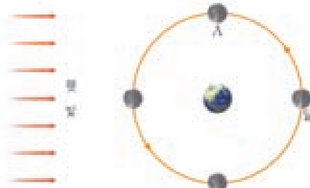
3 17세기에 유럽에서는 그림과 같이 밤에 북극성과 북두칠성 끝 부분의 두 별을 이용하여 시각을 알아냈다고 한다. 시각을 알 수 있었던 원리를 간단히 설명하시오.



4 그림은 우리나라에서 관측되는 태양의 일주 운동을 나타낸 것이다. 어느 계절에 나타나는 태양의 일주 운동 모습인지 쓰시오.

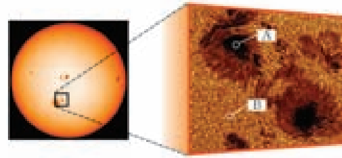


5 그림은 달의 공전을 나타낸 것이다.




A의 위치에 있을 때 보이는 달의 모양은?
① 초승달 ② 상현달 ③ 보름달 ④ 하현달 ⑤ 그믐달

6 그림의 A, B 중 태양 내부의 에너지가 표면으로 분출되는 대류에 의해 나타나는 현상은 어느 것인가?






## 개념 적용하기

**1** ④

[해설] 월식 때 달에 비친 지구 그림자는 호 모양으로 나타나는데, 호를 연장하면 원 모양을 짐작할 수 있고, 멀리서 배가 항구로 들어올 때 등대의 꼭대기부터 보이는 것은 지구가 편평하지 않기 때문에 나타나는 현상이다. 마젤란 일행은 세계 일주에 성공함으로써 지구가 둥글다는 사실을 확인하였다. 또 지구가 둥글기 때문에 북극성의 고도는 북쪽으로 갈수록 높아진다.

**2** ③

[해설] 지구가 자전하기 때문에 별의 일주 운동이 나타난다. 별의 일주 운동은 별이 북극성을 중심으로 하루에 360°씩 시계 반대 방향으로 회전하는 운동이다.

**3** 별은 북극성을 중심으로 시계 반대 방향으로 한 시간에 15° 씩 회전한다. 지구 자전으로 별의 일주 운동이 나타나기 때문에 이와 같은 기구를 이용하면 북두칠성을 이루는 두 별이 회전한 각도를 알 수 있어 시각을 알 수 있다.

**4** 여름철

[해설] 하지(여름철)에는 태양의 위치가 천구의 적도보다 23.5° 북쪽으로 올라가 있기 때문에 낮의 길이가 밤의 길이보다 길게 나타난다. 춘분(봄철)이나 추분(가을철)에는 낮과 밤의 길이가 같고, 동지(겨울철)에는 밤의 길이가 낮의 길이보다 길다.

**5** ④

[해설] 달은 스스로 빛을 내지 못하기 때문에 햇빛을 반사하는 부분만 밝게 보인다. 달이 A의 위치에 있을 때 지구에서 달을 보면 왼쪽의 반이 보이는데, 이것을 하현달이라고 한다.

**6** B

[해설] 쌀알무늬는 태양 내부의 에너지가 표면으로 분출되는 대류 때문에 나타나는 현상으로서, 쌀알을 흩뿌려 놓은 것처럼 보인다. A는 흑점으로서, 온도가 4000℃ 정도로 주변보다 낮기 때문에 어둡게 보인다.

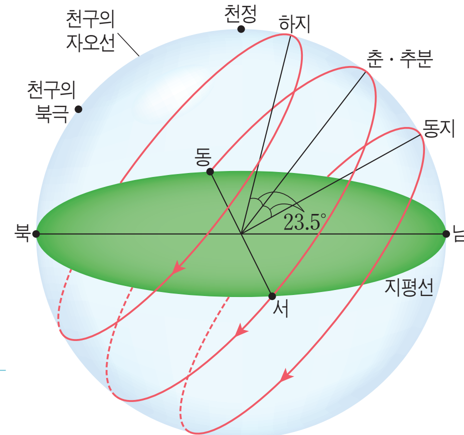
## 학습 자료실

### 우리나라에서의 태양의 일주 운동 경로

태양은 춘분과 추분 때는 정동쪽에서 떠서 정서쪽으로 지고, 하지 때는 북쪽으로 치우쳐서 뜨고 지며, 동지 때는 남쪽으로 치우쳐서 뜨고 진다.

**❶ 우리나라에서 계절에 따른 태양의 고도와 밤낮의 길이 변화**

| 구분 | 태양의 고도 | 밤낮의 길이 |
|---|---|---|
| 하지 | 일 년 중 가장 높다. | 일 년 중 낮이 가장 길다. |
| 동지 | 일 년 중 가장 낮다. | 일 년 중 낮이 가장 짧다. |
| 춘분과 추분 | 하지와 동지의 중간이다. | 밤낮의 길이가 같다. |

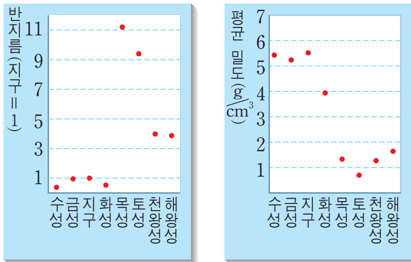



❷ 계절에 따른 태양의 일주 운동 경로

## 개념 적용하기

**7** (1) (가)−금성, (2) (다)−목성, (3) (나)−화성

**8**




(1) • 반지름이 작고 밀도가 큰 행성: 수성, 금성, 지구, 화성
 • 반지름이 크고 밀도가 작은 행성: 목성, 토성, 천왕성, 해왕성

(2) • 수성, 금성, 지구, 화성: 질량이 작고, 자전 주기가 길며, 고리가 없다.
 • 목성, 토성, 천왕성, 해왕성: 질량이 크고, 자전 주기가 짧으며, 고리가 있다.

**9** (1) ㄱ (2) ㄴ (3) ㅁ (4) ㄹ (5) ㅂ (6) ㄷ

**10** • 금성과 화성 사이 → 화성과 목성 사이
• 공처럼 둥근 모양 → 울퉁불퉁한 모양
• 가장 큰 행성 → 두 번째로 큰 행성

**11** 굴절 망원경은 볼록 렌즈로 빛을 모으고, 반사 망원경은 오목 거울로 빛을 모은다.

개념 적용하기

**7** 그림은 태양계 행성을 나타낸 것이다. 각 설명에 해당하는 행성의 기호와 이름을 쓰시오.



(가) (나) (다)

(1) 짙은 이산화 탄소 대기로 덮여 있어 표면의 온도와 기압이 매우 높다.
(2) 태양계에서 가장 큰 행성으로서, 표면에 가로 줄무늬와 붉은 점이 있다.
(3) 양극에 흰색의 극관이 있고 표면이 붉으며, 강물이 흐른 흔적이 있다.

**8** 표의 자료를 보고 행성의 반지름과 밀도를 그래프에 표시한 후 아래 물음에 답하시오.

| 행성 | 태양으로부터의 거리(지구=1) | 반지름(지구=1) | 질량(지구=1) | 평균 밀도(g/cm³) | 고리 |
|---|---|---|---|---|---|
| 수성 | 0.4 | 0.38 | 0.05 | 5.43 | 없다 |
| 금성 | 0.7 | 0.94 | 0.82 | 5.24 | 없다 |
| 지구 | 1.0 | 1.00 | 1.00 | 5.52 | 없다 |
| 화성 | 1.5 | 0.53 | 0.11 | 3.94 | 없다 |
| 목성 | 5.2 | 11.21 | 317.8 | 1.33 | 있다 |
| 토성 | 9.5 | 9.45 | 95.16 | 0.70 | 있다 |
| 천왕성 | 19.5 | 4.01 | 14.54 | 1.27 | 있다 |
| 해왕성 | 30.1 | 3.88 | 17.15 | 1.64 | 있다 |



(1) 행성의 반지름과 밀도를 기준으로 비슷한 행성끼리 두 집단으로 분류하시오.
(2) 두 집단의 행성들은 반지름과 밀도 이외에 어떤 차이가 있는지 쓰시오.

**9** 다음은 태양계를 구성하는 천체들을 나타낸 것이다. 각 설명에 해당하는 천체의 기호를 쓰시오.

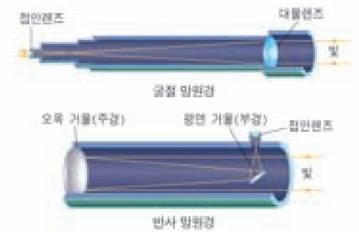
| ㄱ. 지구 | ㄴ. 태양 | ㄷ. 토성 |
|---|---|---|
| ㄹ. 금성 | ㅁ. 달 | ㅂ. 유성 |

(1) 생명체가 살고 있다.
(2) 흑점이 동쪽에서 서쪽으로 이동한다.
(3) 표면에 운석 구덩이가 많다.
(4) 행성 중 가장 밝게 보인다.
(5) 유성체가 대기와의 마찰로 빛을 낸다.
(6) 아름다운 고리가 뚜렷하게 보인다.

**10** 다음 글의 밑줄 친 곳을 바르게 고쳐 쓰시오.

> 나는 토성 탐사선 나로 17호의 선장 철수이다. 한 달 전 대한민국의 나로 우주 센터에서 발사된 우리 우주선은 지금 ㉠금성과 화성 사이의 소행성대를 지나고 있다. 이 소행성들은 대개 지름이 수십 km 이내로 ㉡공처럼 둥근 모양을 하고 있다. 이제 두 달 후면 우리는 태양계의 ㉢가장 큰 행성인 토성에 도착하여 아름다운 고리의 정체를 밝혀낼 것이다.

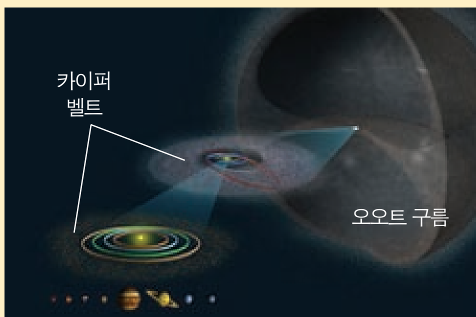
**11** 그림은 굴절 망원경과 반사 망원경의 구조를 나타낸 것이다. 두 망원경의 다른 점은 무엇인지 쓰시오.






## 심화 학습 혜성의 고향

태양계의 바깥에서 최대 약 50,000 AU의 거리에 혜성이 탄생하는 공 모양의 영역이 있는데, 이를 오오트 구름이라고 한다. 여기에서 만들어지는 혜성은 장주기 혜성이다. 한편, 공전 주기가 200년 이하인 단주기 혜성은 해왕성 궤도 너머에 원반 형태의 영역에서 만들어지는데, 이를 카이퍼 벨트라고 한다.




## 보충 학습 파인더 조정

보조 망원경 또는 파인더는 배율이 낮고 시야가 넓다. 이러한 파인더를 이용하여 원하는 천체를 찾았을 때 주 망원경의 시야에도 천체가 들어오도록 파인더와 주 망원경의 중심을 일치시켜 두면 천체를 찾기가 쉬운데, 이를 파인더 조정이라고 한다.

파인더 조정은 먼저 건물의 특정 부분이나 피뢰침 끝 등을 주 망원경으로 보이는 시야의 가운데에 위치시킨 후, 파인더로 보이는 대상이 십자선 중앙에 오도록 조절 나사로 조정한다.



## 개념 응용하기

과학 글쓰기

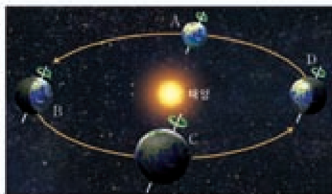
1) 그림은 에라토스테네스가 지구의 크기를 측정한 방법을 나타낸 것이다.



고무 찰흙으로 빨대를 세우려고 한다. 두 지역의 위치를 선정할 때 주의할 점을 쓰시오.

탐구력 기르기

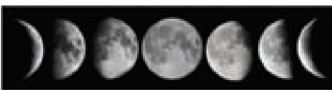
2) 그림은 지구 공전을 나타낸 것이다.




우리나라의 계절이 여름철일 때 지구의 위치를 고르고, 낮의 길이와 밤의 길이를 비교하여 서술하시오.

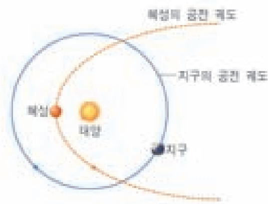
과학 글쓰기

3) 그림은 달의 모양과 표면 무늬를 관찰한 것이다. 표면의 무늬가 변하지 않는 이유를 서술하시오.



과학 글쓰기

4) 그림은 태양 근처를 지나가는 혜성의 모습이다. 혜성의 꼬리가 생기는 방향을 쓰고, 그 이유를 서술하시오.

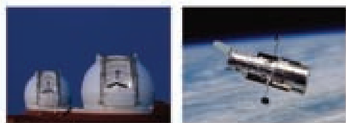



탐구력 기르기

5) 영희는 달 표면에서 우주 비행사가 무거운 우주복을 입고 뛰듯이 걸어가는 영상을 보고 자신도 달에 가면 더 높이 뛰어오를 수 있다고 생각하였다. 영희가 이와 같이 생각한 것과 가장 관계 깊은 달의 특징은 무엇인지 말해 보시오.

탐구력 기르기

6) 그림은 주경의 지름이 약 10 m인 켁 망원경과 주경의 지름이 약 2.4 m인 허블 우주 망원경을 나타낸 것이다. 주경의 지름은 켁 망원경이 허블 우주 망원경보다 더 크지만, 허블 우주 망원경에서 보는 천체의 상이 더 선명하다. 그 이유를 설명하시오.



켁 망원경 / 허블 우주 망원경

대단원 마무리 163

## 개념 응용하기

1) • 두 지역은 동일한 경도 상에 있어야 한다. 두 지역이 동일한 경도 상에 있지 않으면 중심각에 대한 호의 길이가 달라진다.
• 두 지역 사이의 거리는 너무 멀지 않도록 해야 한다. 두 지역 사이의 거리가 너무 멀면 빨대의 그림자 끝이 지구 모형을 벗어나므로 정확한 각도를 구할 수 없기 때문이다.

2) B, 낮의 길이가 밤의 길이보다 길다.
[해설] 태양이 천구의 적도보다 가장 북쪽으로 올라와 있으므로 북반구가 가장 더운 계절이다. 이때는 태양의 남중 고도가 가장 높으므로 낮의 길이가 가장 길다.

3) 달의 자전 주기와 공전 주기가 같다.
[해설] 달의 모양이 변해도 표면의 무늬 위치는 변하지 않는다. 달이 지구를 공전하는 동안 항상 같은 면이 지구를 향하고 있으므로 달의 공전 주기와 자전 주기가 같다는 것을 알 수 있다.

4) 혜성의 꼬리는 태양의 반대 방향으로 뻗어 있다. 그 이유는 혜성의 꼬리를 구성하는 가스나 티끌이 태양에서 방출되는 복사 에너지의 압력에 의해, 그리고 양성자, 전자 등의 입자에 의해 태양 반대쪽으로 밀려나기 때문이다.

5) 달에서의 표면 중력은 지구의 $\frac{1}{6}$밖에 되지 않기 때문에 달에 가면 지구에서보다 더 높이 뛰어오를 수 있다.

6) 일반적으로 망원경의 구경이 클수록 상이 선명하지만 지표면에서 관측하면 대기의 움직임 때문에 상이 흐려진다. 따라서 우주 공간에서 관측하는 허블 우주 망원경이 켁 망원경보다 주경의 지름은 작지만 더 선명한 상을 볼 수 있다.

### 과학 돋보기

#### 왜소 행성

2006년 국제 천문 연맹은 세레스, 명왕성, 에리스를 왜소 행성으로 분류하였다. 국제 천문 연맹에서 정한 왜소 행성의 정의는 다음과 같다.

• 태양을 중심으로 공전한다.
• 자체 중력이 구에 가까운 형태를 가질 정도로 충분한 질량을 갖는다.
• 위성이 아닌 천체이다.

#### 전파 망원경의 원리

천체로부터 오는 전파 영역의 전자기파를 관측하는 망원경이다. 안테나에서 전파를 수집하면 수신기에 의해 전기 신호로 변환되며, 이 신호를 증폭시켜 기록 장치에 기록한다.



뉴 멕시코 주의 전파 망원경

# 대단원 평가문항 예시

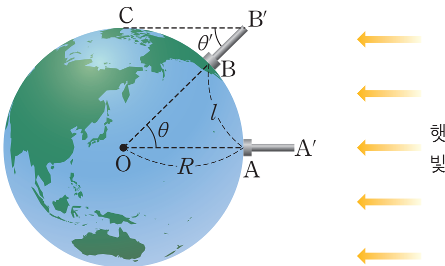
**01** 표는 위도가 다른 세 곳에서 북극성의 고도를 관찰한 결과이다.

| 장소 | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 북극성의 고도 | 20° | 45° | 60° |

이와 같은 결과와 관련이 <u>없는</u> 현상은?

① 마젤란 일행이 세계 일주에 성공하였다.
② 월식 때 달에 비친 지구 그림자가 둥글다.
③ 서쪽으로 갈수록 해가 뜨는 시각이 빨라진다.
④ 높은 곳으로 올라갈수록 먼 곳까지 볼 수 있다.
⑤ 바다에서 들어오는 배의 돛대 윗부분이 먼저 보인다.

[02~03] 그림은 지구 모형의 반지름을 구하는 과정을 나타낸 것이다.




**02** $\theta$를 직접 잴 수 없으므로 $\theta'$을 이용하여 알아낸다. 이때 필요한 가정은? (정답 2개)

① 지구는 구형이다.
② 태양 광선은 평행하다.
③ 북극성의 위치는 변한다.
④ 두 막대는 같은 위도 상에 있다.
⑤ 원호는 중심각의 크기에 반비례한다.

**03** $\theta'$이 15°이고, $l$이 5 cm로 측정되었다면, 지구 반지름($R$)을 구하는 식으로 옳은 것은?

① $\dfrac{360° \times 5\text{ cm}}{2 \times \pi \times 15°}$ ② $\dfrac{360° \times 2 \times \pi}{5\text{ cm} \times 15°}$

③ $\dfrac{15° \times 5\text{ cm}}{2 \times \pi \times 360°}$ ④ $\dfrac{15° \times 2 \times \pi}{5\text{ cm} \times 360°}$

⑤ $\dfrac{360° \times 15°}{2 \times \pi \times 5\text{ cm}}$

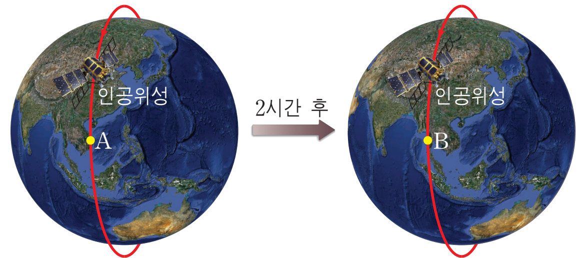
**04** 다음과 같은 방법으로 달을 관찰하였다.

> • 두꺼운 판지로 홈의 너비가 $d$인 凹 모양을 만들어 1 m 자에 끼운다.
> • 달의 지름이 홈에 일치하도록 거리를 조절하였더니 눈과의 거리가 $l$이었다.

지구에서 달까지의 거리를 $r$라고 한다면, 달의 반지름($R$)을 계산하기 위한 비례식으로 옳은 것은?

① $d : 2R = l : r$ ② $d : R = l : 2r$
③ $d : r = l : 2R$ ④ $d : l = R : 2r$
⑤ $d : 2r = R : l$

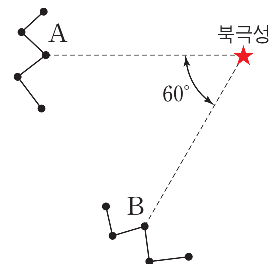
**05** 그림과 같이 공전 주기가 2시간인 인공위성이 A 지점 상공에서 관측되고 나서 2시간이 지난 후에 B 지점 상공에서 관측되었다.




이 그림을 통해 알 수 있는 사실은?

① 지구의 모양은 완전한 구형이다.
② 지구는 동쪽에서 서쪽으로 자전한다.
③ 지구는 서쪽에서 동쪽으로 자전한다.
④ 밤에 인공위성을 관측하면 시각을 알 수 있다.
⑤ 인공위성은 서쪽으로 방향을 틀면서 운동한다.

**06** 그림은 북반구에서 카시오페이아자리를 관측하여 위치 변화를 표시한 것이다. A에 있을 때의 관측 시각이 밤 11시이었다면 B에 있을 때 관측한 시각은?



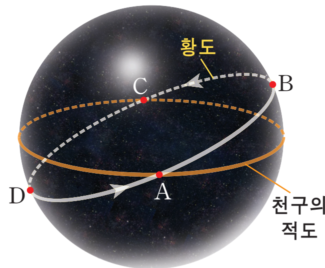

① 밤 7시 ② 밤 9시
③ 새벽 1시 ④ 새벽 3시
⑤ 새벽 5시

07 지구의 공전 때문에 나타나는 현상을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 계절의 변화　　ㄴ. 별의 일주 운동
ㄷ. 달의 모양 변화　　ㄹ. 일출 위치의 변화
ㅁ. 북극성의 고도 변화

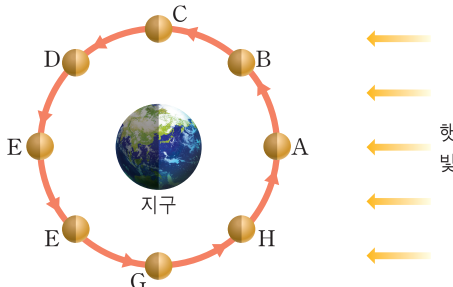
① ㄱ, ㄴ　② ㄱ, ㄹ　③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㅁ　⑤ ㄹ, ㅁ

08 그림은 천구의 적도와 황도를 나타낸 것이다.




태양이 A~D에 위치할 때 우리나라에 나타나는 특징을 옳게 설명한 것은?
① A에 있을 때 낮의 길이가 가장 길다.
② B에 있을 때 밤의 길이가 가장 길다.
③ C는 춘분점이다.
④ D에 있을 때 태양의 남중 고도가 가장 높다.
⑤ A와 C에 있을 때 햇빛이 적도면과 평행하다.

09 그림은 달의 공전을 나타낸 것이다.

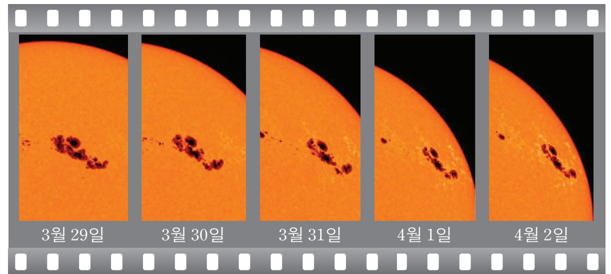



음력 15일경에 볼 수 있는 보름달의 위치는?
① B　② C　③ E
④ G　⑤ H

10 지구에서 달의 한쪽 면만 관측되는 이유로 옳은 것은?
① 달은 자전하지 않기 때문
② 달은 스스로 빛을 내지 못하기 때문
③ 달은 공전 주기와 자전 주기가 같기 때문
④ 달이 공전하는 동안 지구도 공전하기 때문
⑤ 지구 자전 속도와 달 공전 속도가 같기 때문

11 달의 운동이 우리 생활에 미치는 영향과 거리가 먼 것은?
① 해안 지방에 밀물과 썰물이 생긴다.
② 보름달은 풍요를 기원하는 대상이 된다.
③ 모양 변화를 기초로 하여 역법으로 사용한다.
④ 달이 뜨고 지는 방향을 보고 항해에 참고한다.
⑤ 바닷길이 열리는 현상을 관광 자원으로 개발한다.

12 그림은 태양 표면을 일정한 기간 동안 찍은 사진이다.



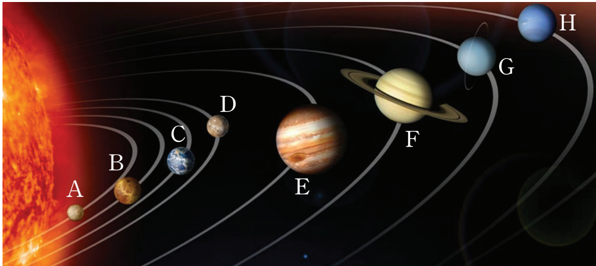

사진을 통해서 알 수 있는 사실은?
① 태양 대기의 특징을 알 수 있다.
② 태양의 자전 주기를 구할 수 있다.
③ 흑점의 생성과 소멸을 볼 수 있다.
④ 흑점의 위치가 동쪽으로 이동한다.
⑤ 지구가 공전하기 때문에 태양 표면이 움직이는 것처럼 보인다.

13 태양 활동이 지구에 미치는 영향으로 볼 수 없는 것은?
① 극지방에서 오로라 현상이 나타난다.
② 지구 대기 상층의 전리층이 교란된다.
③ 전파 통신의 장애를 일으키는 델린저 현상이 나타난다.
④ 지구 상의 생물이 생장하고 활동하는 에너지원이 된다.
⑤ 태양 활동이 왕성할 때는 코로나가 지구에 도달하기도 한다.

**14** 다음과 같은 특징을 가지고 있는 행성의 이름을 쓰시오.

- 반지름이 지구의 약 0.53배이다.
- 북극과 남극 지방에 얼음과 드라이아이스로 이루어진 흰색의 극관이 존재한다.
- 표면이 붉은색으로 보인다.
- 과거에 물이 흘렀던 자국이 있다.

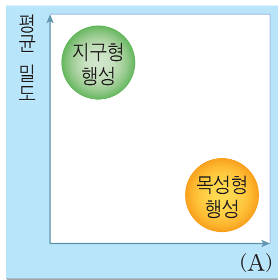
**15** 그림은 태양계 행성들의 위치를 나타낸 것이다.




이 행성들의 특징으로 옳지 않은 것은?

① A는 표면에 많은 운석 구덩이가 있다.
② B는 대기의 소용돌이에 의한 대적점이 있다.
③ C는 G보다 밀도가 크다.
④ D는 H보다 자전 주기가 길다.
⑤ E와 F는 태양계에서 가장 크다.

**16** 그림은 행성들을 물리량에 따라 두 집단으로 분류한 것이다.

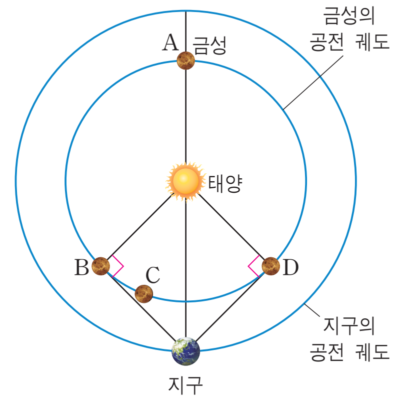



A에 해당하는 물리량을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 반지름　ㄴ. 질량
ㄷ. 자전 주기　ㄹ. 위성 수

① ㄱ, ㄴ　② ㄷ, ㄹ　③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ　⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**[17~18]** 그림은 금성의 공전 궤도 상의 위치를 나타낸 것이다.



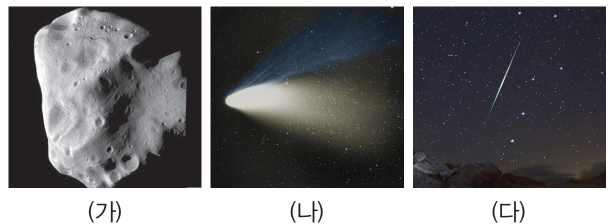

**17** 금성이 C의 위치에 있을 때 지구에서 보이는 시기와 방향으로 옳은 것은?

① 새벽, 동쪽 하늘　② 새벽, 서쪽 하늘
③ 초저녁, 동쪽 하늘　④ 초저녁, 서쪽 하늘
⑤ 한밤중, 남쪽 하늘

**18** 금성이 D의 위치에 있을 때 지구에서 보이는 모양으로 옳은 것은?

① 초승달 모양　② 그믐달 모양
③ 상현달 모양　④ 하현달 모양
⑤ 보름달 모양

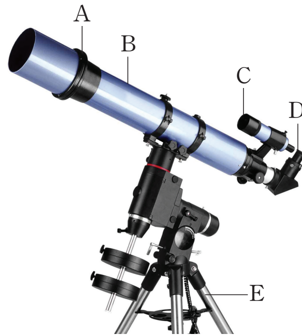
**19** 그림은 태양계의 세 가지 천체를 나타낸 것이다.


(가)　(나)　(다)

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

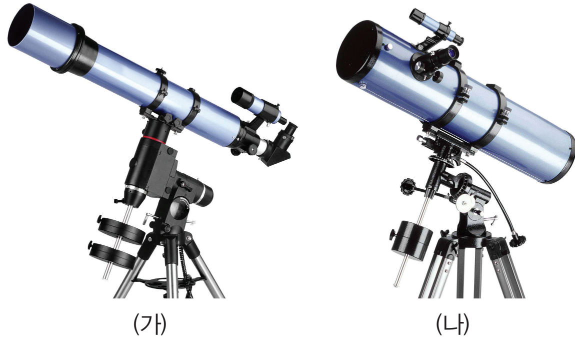
① (가)는 표면에 충돌의 흔적이 있다.
② (가)는 주로 목성과 토성 사이에 있다.
③ (나)는 주로 얼음과 먼지로 이루어져 있다.
④ (나)는 긴 타원 궤도를 그리며 태양 주위를 공전한다.
⑤ (다)는 대기와의 마찰로 타면서 빛을 낸다.

**20** 그림은 굴절 망원경의 구조를 나타낸 것이다. A~E 각 부분의 명칭으로 옳지 않은 것은? (정답 2개)




① A-접안렌즈
② B-경통
③ C-보조 망원경
④ D-대물렌즈
⑤ E-삼각대

**21** 그림 (가)와 (나)는 두 망원경의 모습을 나타낸 것이다.



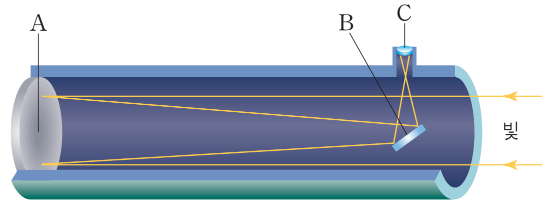

두 망원경에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
① (가)는 굴절 망원경, (나)는 반사 망원경이다.
② (가)는 볼록 렌즈로 빛을 모은다.
③ (나)는 오목 렌즈로 빛을 모은다.
④ (나)에서 상은 거꾸로 보인다.
⑤ (가)와 (나) 모두 접안렌즈로 상을 확대한다.

**22** 그림은 망원경으로 본 달의 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 검은 부분에는 물이 있다.
② 구덩이는 바다보다 고지에 많이 있다.
③ 운석의 충돌에 의한 구덩이가 많이 있다.
④ 검은 부분은 바다, 밝은 부분은 고지라고 한다.
⑤ 달의 표면에서는 풍화, 침식 작용이 거의 일어나지 않는다.

**23** 그림은 반사 망원경의 구조를 나타낸 것이다.




㉠빛을 모으는 역할을 하는 것과 ㉡상을 확대하는 역할을 하는 것을 각각 기호로 쓰시오.

**24** 다음은 망원경을 설치하여 사용하는 방법을 순서 없이 나타낸 것이다.

> (가) 가대를 삼각대 위에 설치한다.
> (나) 균형추를 연결한다.
> (다) 주 망원경의 시야 중심에 있는 물체가 보조 망원경의 십자선 중앙에 오도록 조절한다.
> (라) 경통의 앞뒤와, 경통과 무게추의 균형을 맞춘다.

망원경을 설치하여 사용하는 방법을 순서대로 옳게 나열한 것은?
① (가) → (나) → (다) → (라)
② (가) → (나) → (라) → (다)
③ (나) → (가) → (다) → (라)
④ (나) → (가) → (라) → (다)
⑤ (다) → (가) → (나) → (라)

**25** 다음은 세 종류의 망원경을 나타낸 것이다.




㉠낮에도 관측이 가능한 망원경과 ㉡대기의 영향을 받지 않는 망원경을 바르게 짝지은 것은?

| | ㉠ | ㉡ | | ㉠ | ㉡ |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | (가) | (나) | ② | (가) | (다) |
| ③ | (나) | (가) | ④ | (나) | (다) |
| ⑤ | (다) | (가) | | | |

IV 생식과 발생

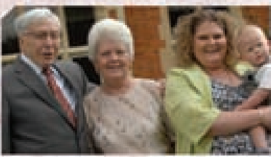
❖ 이 단원에서는

조그만 연못에는 무엇이 살고 있을까? 개구리, 개구리밥, 수련 등이 있고, 그 밖에도 많은 생물이 작은 세상을 이루며 살아가고 있다. 몇 개 정도였던 개구리밥은 엄청난 수로 불어나고, 수련은 새로운 씨를 만들기 위해 꽃을 피우며, 까만 개구리 알은 올챙이로 부화되어 개구리로 자란다.

연못의 생물들처럼 지구 상의 모든 생물은 새롭게 태어나고 성장한 다음 자손을 남김으로써 종족을 유지한다.

이 단원을 통해 생물은 어떤 방법으로 자손을 만드는지 살펴보고, 이 과정에서 생장은 어떻게 일어나는지 알아보자.

에드워즈(Edwards, R. G. : 1925~ )



왼쪽은 에드워즈 박사 부부, 오른쪽은 최초의 시험관 아기였던 루이스 브라운과 그녀의 아들

2010년 10월 4일 스웨덴 노벨 위원회에서는 "올해의 노벨 생리·의학상은 시험관 아기 시술로 전 세계적으로 10% 이상의 불임 부부에게 아기를 안겨 줄 수 있는 길을 연 에드워즈 박사에게 돌아갔다."라고 발표하였다. 위원회에서는 발표문에서 "지금까지 약 400만 명이 체외 수정으로 태어나 에드워즈의 비전은 현실이 됐다."라고 밝혔다.

에드워즈 박사의 연구로 1978년 최초의 시험관 아기인 '루이스 브라운'이 태어났다. 루이스 브라운은 정상적으로 성장하여 건강한 아들을 낳았다. 그 당시 일부 사람들은 에드워즈의 연구에 대해 윤리적인 문제점을 제기하여 연구를 중단할 것을 주장하였다. 이 때문에 에드워즈 박사는 연구 기금 지원을 거절당해, 개인적인 기부금으로 연구비를 충당하기도 하였다.

1 세포 분열과 염색체

2 생식과 사람의 발생

164 165

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 3~4학년군에서 동물이 태어나서 어린 시절을 거치고 성장하여 자손을 남기고 죽을 때까지의 과정인 동물의 한살이뿐만 아니라 식물이 싹을 틔우고 자라 꽃을 피우고 열매를 맺어 다시 씨를 만들기까지의 식물의 한살이를 학습하였다. 이와 같은 식물과 동물의 한살이를 통해 생물이 자라고, 그 생명의 연속성이 유지된다는 사실을 배웠다.

이 단원에서는 생물이 세포 분열을 통해 성장하고 번식하는 생명 현상을 다룬다. 생물의 생식 방법인 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 비교하고, 염색체의 행동을 중심으로 체세포 분열과 생식세포 분열을 비교함으로써 염색체와 유전자의 관계를 학습한다. 나아가 생식세포가 만나 형성된 수정란이 개체로 발생하는 것을 사람의 발생 과정을 통해 학습한다.

## ▶ 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 동물의 한살이<br>• 식물의 한살이 |



**이번에 배울 내용**

• 생물의 생장
• 생식세포의 형성
• 유전자와 염색체
• 생식의 종류
• 사람의 생식 기관
• 사람의 발생



**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 과학 | • 생명의 진화 |
| 고등학교 생명 과학 Ⅰ | • 세포와 생명의 연속성 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 이해한다.
(나) 체세포 분열과 생식세포 분열의 특징을 염색체의 행동을 중심으로 비교한다.
(다) 염색체와 유전자의 관계를 이해한다.
(라) 생식세포가 만나 형성된 수정란으로부터 사람이 발생되는 과정을 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 효모의 출아 관찰하기
(나) 체세포 분열 관찰하기
(다) 생식세포 분열 관찰하기

## 단원 지도상의 유의점

1 체세포 분열과 생식세포 분열을 관찰하기에 앞서 광학 현미경의 사용법을 충분히 익히도록 한다.

2 새로운 자손이 만들어지고 자라는 생식과 발생 과정에서 체세포 분열과 생식세포 분열이 갖는 기능과 그 의의에 중점을 두어 지도한다.

3 체세포 분열이 정확하게 조절되지 않으면서 계속 분열이 일어날 경우 어떤 결과가 초래될지 생각해 보게 한 후, 암과 연관 지어 설명한다.

4 생식세포들의 유전 물질이 서로 다른 이유와 이들의 수정에 의해 만들어진 자손들의 특징이 모두 다른 이유를 생각해 보도록 지도한다.

5 세포 분열에서 염색체의 이동을 연속적으로 이해할 수 있도록 체세포 분열과 생식세포 분열에 대한 동영상 자료를 활용하여 지도한다.

6 단세포 생물과 다세포 생물에서 체세포 분열이 갖는 의의가 다르다는 사실을 설명해 준다.

7 유전과 관련된 심화 내용은 다루지 않고 유전 형질과 유전자, 유전자와 염색체, DNA와 염색체의 관계만을 다루어 학생들의 이해를 돕는다.

8 생식의 종류에서는 학생들에게 사전 조사를 하도록 하여 수업 시간에 이에 대한 특징, 장점과 단점 등을 서로 발표하고 토론하는 학생 중심의 활동이 이루어지도록 하여 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

9 성의 중요성을 강조하며 학생들이 진지한 자세로 학습할 수 있는 분위기를 만들고, 토의 학습 등을 통해 능동적으로 학습할 수 있도록 하여 생식에 대한 지식은 물론 성에 대한 건전한 가치관을 가지도록 지도한다.

10 사람의 발생 과정에서는 수정에서 분만에 이르기까지 주요 발생 시기별로 태아 발육의 특징을 다양한 자료를 통해 학습할 수 있도록 지도한다.

11 임신 과정에서 모체의 상태가 태아에 미치는 영향을 조사하도록 하여 생명 탄생 과정에서 모체의 역할이 중요하다는 것을 이해하도록 지도한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 생명–생물의 과학 9판(2012), David Sadava 외 3저, 강해묵 외 10역, 라이프사이언스
2. 발생 생물학 9판(2011), Scott F. Gilbert 저, 강해묵 역, 라이프사이언스
3. 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스

### ■ 읽을 책_학생용

1. 아름다운 우리의 성(아우성 문고 1)(1997), 구성애 저, 석탑
2. 헤르트비히가 들려주는 성과 사랑 이야기(2011), 이흥우 저, 자음과 모음

### ■ 시청각 자료_internet

1. 아가 사랑: http://www.agasarang.org
2. 임산부 닷컴: http://www.imsanboo.com
3. 태아의 발생 과정: *MizMedi Hospital & iMiz Corp. 'MyAngel Application'*

## ▶ 단원 지도 계획

| 대단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ⅳ-1 세포 분열과 염색체 | 1 생물의 생장 | 6 | 1~2 /15차시 | • 체세포 분열<br>• 탐구 활동: 양파의 체세포 분열<br>• 체세포 분열의 과정<br>• 체세포 분열의 의의<br>• 보충 · 심화: 생명을 위협하는 암! |
| | 2 생식세포의 형성 | | 3~4 /15차시 | • 생식세포 분열<br>• 탐구 활동: 호밀 이삭의 생식세포 분열<br>• 생식세포의 분열 과정과 의의 |
| | 3 유전자와 염색체 | | 5~6 /15차시 | • 유전자와 염색체<br>• 염색체와 세포 분열<br>• 과학 자료실: 사람의 염색체 구성 |
| Ⅳ-2 생식과 사람의 발생 | 1 생식의 종류 | 8 | 7~8 /15차시 | • 무성 생식<br>• 탐구 활동: 효모의 출아<br>• 무성 생식의 종류<br>• 유성 생식<br>• 과학 자료실: 식물의 조직 배양 |
| | 2 사람의 생식 기관 | | 9~10 /15차시 | • 남자의 생식 기관<br>• 여자의 생식 기관<br>• 정자와 난자의 구조 |
| | 3 사람의 발생 | | 11~14 /15차시 | • 수정과 임신<br>• 태아의 발생<br>• 태아와 모체의 물질 교환<br>• 출산<br>• 보충 · 심화: 남자와 여자는 어떻게 결정되는 것일까?<br>• STEAM: 탈리도마이드의 비극 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 15 /15차시 | • 개념 정리하기<br>• 개념 적용하기<br>• 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 관찰<br>토의 | • 양파 뿌리를 이용한 체세포 분열의 관찰 실험에서 각 분열 단계를 제대로 관찰했는지 실험 보고서 및 발표법으로 평가한다.<br>• 실험 절차에 대한 이해도 및 실험 수행 능력을 관찰 및 실험 보고서법으로 평가한다. | 168~173 | 210~215 |
| 관찰<br>토의 | • 호밀 이삭을 이용한 생식세포 분열의 관찰 실험에서 각 분열 단계를 제대로 관찰했는지 실험 보고서 및 발표법으로 평가한다.<br>• 실험 절차에 대한 이해도 및 실험 수행 능력을 관찰 및 실험 보고서법으로 평가한다. | 174~177 | 216~219 |
| 자료 해석<br>발표 및 토의 | • 유전자와 염색체의 관계를 이해하고 있는지 선다형이나 서술형, 발표법으로 평가한다.<br>• 체세포 분열과 생식세포 분열 과정에서 염색체의 이동을 비교하여 설명할 수 있는지 서술형으로 평가한다. | 178~181 | 220~223 |
| 자료 관찰 해석<br>발표 및 토의 | • 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 이해하고 있는지 선다형, 서술형, 발표법으로 평가한다.<br>• 무성 생식의 특징과 종류를 이해하고 있는지 발표 및 토론법으로 평가한다.<br>• 효모의 출아 관찰 실험에서 효모의 특징과 생식 방법을 정확하게 관찰했는지 실험 보고서 및 발표법으로 평가한다.<br>• 실험 절차에 대한 이해도 및 실험 수행 능력을 관찰 및 실험 보고서법으로 평가한다. | 184~189 | 224~229 |
| 자료 해석<br>발표 및 토의 | • 남자와 여자의 생식 기관의 구조와 기능, 그리고 정자와 난자의 기능을 이해하고 있는지 선다형이나 서술형, 발표법으로 평가한다.<br>• 여성의 생식 주기를 월경 및 배란 등의 여러 현상과 관련지어 이해하고 있는지 선다형이나 서술형, 발표법으로 평가한다. | 190~193 | 230~233 |
| 자료 해석<br>발표 및 토의 | • 수정과 임신 과정을 차례대로 설명할 수 있는지 서술형 및 발표법으로 평가한다.<br>• 태아의 발생 과정을 기관 발달 과정과 연결하여 설명할 수 있는지 서술형 및 발표법으로 평가한다.<br>• 모체가 태아에 미치는 영향과 관련하여 산모가 임신 중에 주의해야 할 사항에 대하여 자료 조사, 발표 및 토론법으로 평가한다. | 194~201 | 234~241 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 202~205 | 242~245 |

# 1-1 생물의 생장

## | 학습 내용 안내 |

(1) 양파 뿌리를 이용한 체세포 분열 관찰을 통해 체세포 분열 과정에서 염색체의 이동을 안다.
(2) 생물의 생장이 일어나는 이유를 체세포 분열과 관련지어 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 읽고 알에서 병아리를 거쳐 어미 닭으로 발달하는 과정이 일어나는 이유를 생각하게 한다.

↓

양파 뿌리를 이용한 체세포 분열 과정을 관찰하고, 각 과정에서 염색체의 이동을 포함한 여러 특징을 설명하게 한다.

↓

사람을 비롯한 여러 생물의 생장이 체세포 분열과 어떤 관련이 있는지 발표하게 한다.

Ⅱ. 생식과 발생

# 1-1 생물의 생장



**학습 목표**

- 체세포 분열 과정을 염색체와 관련지어 설명할 수 있다.
- 생물이 생장하는 이유를 체세포 분열과 관련지어 설명할 수 있다.

어미 닭이 알을 품은 지 21일이 지나면 병아리는 부리로 껍데기를 깨고 나온다. 그 후 모이를 먹고 무럭무럭 자라서 6개월 후에는 어미 닭만큼 커지게 된다. 병아리가 어미 닭으로 자랄 때 몸속에서는 어떤 일이 일어날까?




### 체세포 분열

우리는 어렸을 때 찍었던 사진 속의 모습을 보면서 "어라, 내가 많이 컸네."라는 생각을 하게 된다. 이처럼 생물이 자라는 과정이 생장인데, 생물이 자랄 수 있는 이유는 무엇일까?

생물이 생장하는 것은 몸을 구성하고 있는 세포가 분열을 거듭하여 그 수가 많아지기 때문이다. 몸을 구성하고 있는 세포의 수는 **체세포 분열**을 통해 증가한다. 이러한 체세포 분열은 어떤 과정을 거쳐 일어나는지 양파의 뿌리 끝을 관찰하여 알아보자.

**탐구 활동** 양파의 체세포 분열 관찰(동영상)

**목표**

- 체세포 분열을 관찰하는 방법에 대하여 설명할 수 있다.
- 체세포 분열을 관찰하고, 각 분열 시기의 특징을 설명할 수 있다.

**실험 전 준비 과정**

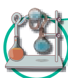
❶ 물을 가득 채운 유리컵에 양파를 올려놓고 뿌리가 자라게 한다.
❷ 양파 뿌리가 2~3 cm 정도 자라면 뿌리 끝을 1 cm 정도로 잘라 에탄올과 아세트산 용액을 부피비 3 : 1로 섞은 혼합액에 하루 동안 담가 둔다.
❸ 이 뿌리를 거즈로 싸서 60°C의 묽은 염산에 7~8분간 담근 후 증류수로 헹군다.




168 Ⅱ. 생식과 발생

찾아보기

- 필수 세포 생물학(2000), Alberts 저, 박상대 역, 교보문고
- 생명 과학 WHY(2009), 허순봉 저, 예림당



학습 자료실

❀ **코끼리의 몸이 쥐보다 큰 이유**

코끼리의 몸이 쥐보다 큰 것은 코끼리의 세포가 쥐의 세포보다 크기 때문이 아니라, 코끼리를 구성하는 세포 수가 쥐의 세포 수보다 많기 때문이다. 일반적으로 세포의 크기는 세포의 종류에 따라 다르지만 그 생물체의 크기와는 무관하다. 예를 들어 간세포는 사람에서 소, 말, 쥐에 이르기까지 거의 비슷하다.

교과서 돋보기

❀ **실험 전 준비 과정**

(1) **양파 뿌리의 고정** 잘라 낸 양파 뿌리 끝의 세포 분열 진행을 중단시키고 살아 있을 때와 비슷한 상태로 고정하기 위하여 에탄올과 아세트산 용액이 3 : 1로 섞인 혼합액에 넣어 보관한다.

(2) **해리 과정** 양파 뿌리를 거즈에 싸서 60°C의 묽은 염산에 7~8분간 넣어 세포벽을 제거하고 조직을 연하게 하여 세포가 쉽게 분리될 수 있도록 한다.

❀ **실험 과정**

(1) **염색** 아세트산카민 용액을 이용하여 핵을 염색한다.

(2) **분리 및 압착** 세포들이 겹쳐지지 않도록 한 겹으로 얇게 편다.

❀ **양파 뿌리의 체세포 분열**

양파 뿌리 끝의 세포를 관찰하면 간기 상태에 있는 세포를 가장 많이 관찰할 수 있다. 그 이유는 간기에 소요되는 시간이 가장 길기 때문이다. 따라서 관찰되는 세포의 수는 각 시기가 진행되는 시간에 어느 정도 비례한다고 볼 수 있으며, 중기의 세포는 염색체를 관찰하기에 적합하다.

준·비·물

• 실험 전: 양파, 유리컵, 물, 안전면도날, 비커, 에탄올, 아세트산 용액, 거즈, 핀셋, 묽은 염산, 스탠드, 온도계, 쇠그물, 삼발이, 알코올램프, 보호 안경, 마스크, 실험용 장갑
• 실험 과정: 양파 뿌리, 받침 유리, 덮개 유리, 핀셋, 스포이트, 안전면도날, 아세트산카민 용액, 해부 침, 지우개 달린 연필, 거름종이, 실험용 장갑, 현미경

유·의·점

1. 실험 전 준비 과정에서 알코올램프를 이용하여 묽은 염산을 가열할 때 반드시 보안경과 마스크를 착용한다.
2. 실험 과정에서 해부 침을 치켜들지 않는다.

과정




❶ 안전면도날로 뿌리 끝을 2 mm 정도 잘라 받침 유리에 놓고 아세트산카민 용액을 한 방울 떨어뜨린 다음 2분 정도 둔다.
❷ 해부 침으로 뿌리 끝을 잘게 찢는다.



❸ 덮개 유리를 덮고 그 위를 지우개 달린 연필로 가볍게 여러 번 두드린다.
❹ 여분의 용액을 거름종이로 흡수한 다음 현미경으로 관찰한다.

결과

1 분열하고 있는 세포를 찾아 그린 다음, 특징을 기록해 보자.




특징 :

2 핵을 가진 세포가 있는가? 핵이 없다면 어떤 구조물이 관찰되는가?

해석 창의 · 인성

1 실험에서 양파의 뿌리 끝을 사용하는 이유에 대하여 설명해 보자.

2 막대기 모양의 구조물은 어떻게 이동하는지 토의해 보자.

1. 세포 분열과 염색체 169

## 탐구 활동 관찰(동영상)

### 목표

1 체세포 분열을 관찰하는 방법에 대하여 설명할 수 있다.
2 체세포 분열을 관찰하고, 각 분열 시기의 특징을 설명할 수 있다.

### 원리 설명

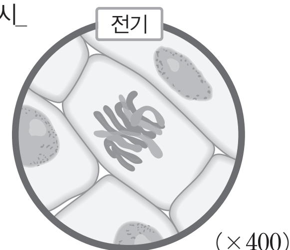
유전 물질인 DNA가 들어 있는 염색체는 아세트산카민 용액에 의해 염색되기 때문에 세포가 분열하는 과정에서 염색체의 이동을 자세히 관찰할 수 있다.

### 유의점

1 교사는 수업이 시작되기 전에 양파 뿌리를 해리된 상태로 준비한다.
2 실험 전 준비 과정에서 알코올램프를 이용하여 묽은 염산을 가열할 때 보안경과 마스크를 착용한다.
3 실험 과정에서 해부 침을 치켜들지 않는다.

### 결과

1 예시




**전기:** 핵막과 인이 사라지고, 염색체가 나타난다.
**중기:** 방추사가 동원체에 부착된 염색체가 적도면에 배열된다.
**후기:** 염색 분체가 방추사에 의해 양극으로 이동한다.
**말기:** 염색체가 풀려 염색사로 되고, 두 개의 딸핵이 나타난다.

2 둥근 모양의 핵을 가진 세포는 간기의 세포이다. 핵이 없는 세포에서는 굵은 실 또는 막대기 모양의 염색체가 관찰된다.

### 해석 창의 · 인성

1 뿌리 끝에 체세포 분열이 왕성하게 일어나는 생장점이 있기 때문이다.
2 막대기 모양의 구조물은 방추사에 의해 양극으로 끌려간다.

### 평가 기준표

| 평가 문항 | | 점수(✓) 상 중 하 |
|---|---|---|
| 과정 | 1. 양파의 뿌리 끝을 제대로 잘랐는가? | □ □ □ |
| | 2. 뿌리 끝을 잘게 찢어 현미경 표본을 만들었는가? | □ □ □ |
| 결과 | 1. 핵이나 염색체에 염색이 충분히 잘 되었는가? | □ □ □ |
| | 2. 분열 중인 세포를 제대로 그리고, 그 특징을 기록하였는가? | □ □ □ |
| 해석 | 1. 실험에서 양파의 뿌리 끝을 사용한 이유에 대하여 옳게 설명하고 있는가? | □ □ □ |
| | 2. 체세포 분열에서 염색체의 이동에 대하여 옳게 설명하고 있는가? | □ □ □ |



## 학습 자료실

### ❀ 세포 분열의 필요성

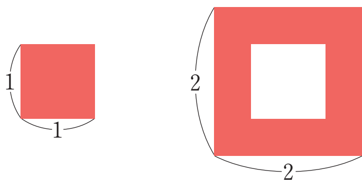
만약 세포가 분열하지 않고 계속 커지면 세포의 부피가 증가하는 것에 비해 표면적의 크기가 상대적으로 작아지므로 세포 표면을 통한 단위 부피당 물질의 출입량이 감소하게 된다. 따라서 세포에 필요한 물질의 흡수와 세포 내에서 생성된 노폐물의 배출이 효율적으로 이루어지려면 세포가 일정 크기 이상으로 자랐을 때 분열해야 한다.

❸ 부피에 대한 표면적의 비

| 한 변의 길이 | 1 cm | 2 cm | 4 cm |
|---|---|---|---|
| 부피 | 1 $cm^3$ | 8 $cm^3$ | 64 $cm^3$ |
| 표면적 | 6 $cm^2$ | 24 $cm^2$ | 96 $cm^2$ |
| $\frac{표면적}{부피}$ | 6 | 3 | 1.5 |

### ❀ 세포의 표면적과 부피의 비교

페놀프탈레인 용액을 첨가하여 만든 크기가 다른 두 도막의 한천을 묽은 수산화 나트륨 용액에 담가 두었다. 1분 후 꺼내어 단면을 잘라 보았더니 붉게 물든 부분이 아래 그림과 같이 나타났다. 이 결과로부터 세포는 부피당 표면적이 넓을수록 물질 교환에 유리하다는 것을 알 수 있다.




❹ 세포의 표면적과 부피의 비교

## | 관련 지식 |

### ❀ $G_0$기

신경 세포나 골격 근육 세포와 같이 더 이상 분열하지 않는 세포들은 $G_1$기에 멈추어 있는데, 이 시기를 $G_0$기라고 한다. 하지만 일시적으로 $G_0$기로 들어간 세포는 세포 주기 조절 신호를 받아 다시 분열할 수 있다. $G_0$기 상태인 간세포의 경우, 간이 손상되면 세포 분열을 촉진하는 신호를 받게 되고 다시 정상 세포 주기로 돌아간다.



양파 뿌리 끝의 생장점에서는 세포 분열이 활발하게 일어나므로 분열 시기가 다른 다양한 세포를 관찰할 수 있다. 특히 핵이 보이지 않는 세포에서는 막대 모양의 구조물이 관찰되는데, 이를 **염색체**라고 한다. 세포가 분열하지 않을 때에는 염색체를 관찰할 수 없지만, 분열하기 시작하면 실 모양의 염색사가 뭉쳐져서 짧고 굵은 막대 모양의 염색체로 나타난다.

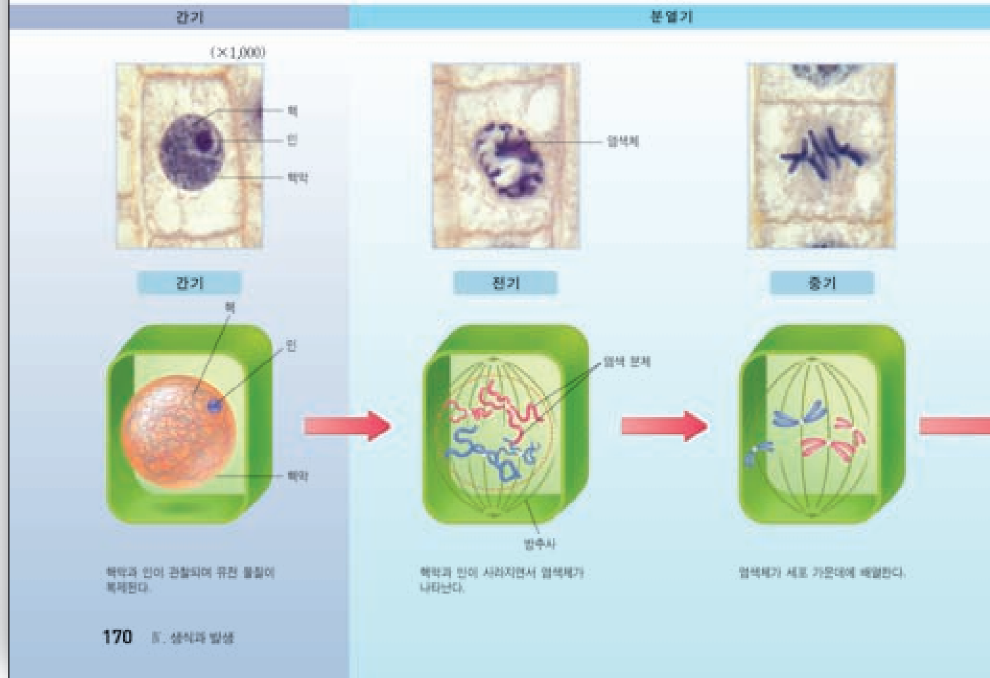
❸ 그림 Ⅱ-1 양파 뿌리의 생장점에서의 세포 분열(×400)

**체세포 분열의 과정**

모세포로부터 동일한 두 개의 딸세포가 만들어지기 위해서는 먼저 유전 물질이 두 배로 증가하고, 세포 분열에 필요한 여러 가지 물질이 만들어져야 하는데, 이 시기를 **간기**라고 한다. 간기가 지나면 유전 물질이 들어 있는 핵이 분열하여 둘로 되는 핵분열이 일어나고, 이어서 세포질이 나누어지는 세포질 분열이 일어난다. 핵분열과 세포질 분열이 일어나는 시기를 **분열기**라고 한다.

용어 모세포와 딸세포
분열하기 전의 세포를 모세포라고 하며, 분열 결과 만들어진 세포를 딸세포라고 한다.

❹ 그림 Ⅱ-2 생물의 체세포 분열 과정




## 심화 학습 세포 주기

세포에서 실제로 세포가 분열하는 시기를 분열기, 분열기와 분열기 사이의 시기를 간기라고 한다. 이처럼 세포 분열은 분열기와 간기가 되풀이되는데, 간기의 시작($G_1$기)에서 분열기(M기)의 끝까지를 세포 주기(cell cycle)라고 한다.

(1) **간기**　간기는 세포 주기의 90 %를 차지한다. 이 시기를 현미경으로 관찰하면 핵이 보이고 아무런 변화가 없는 듯하지만, 세포 주기 중 물질대사가 가장 활발하고 세포가 가장 많이 생장하는 시기이다. 간기는 $G_1$기, S기, $G_2$기로 구분된다.

① $G_1$기: 세포 분열 후 DNA 합성이 일어나기 전까지의 기간이다. 세포 분열을 마친 세포가 세포의 생장에 필요한 효소와 세포를 구성하는 단백질을 합성하고 미토콘드리아나 리보솜 등의 세포 내 소기관들의 수가 증가하면서 세포가 커지는 시기이다.

② S기: DNA가 복제되는 시기이다. 이 시기에는 핵 속의 모든 DNA가 복제되므로 S기가 끝날 때에는 각 염색체에 DNA 분자가 2개씩 존재하게 된다.

③ $G_2$기: DNA가 복제된 후 세포 분열을 준비하는 시기로서, 방추사를 구성하는 단백질을 비롯하여 세포 분열에 필수적인 단백질을 합성한다.

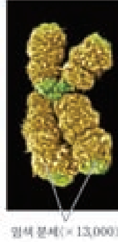
핵분열기는 전기, 중기, 후기, 말기의 순서로 진행된다. **전기**에는 핵막이 사라지고 두 가닥의 염색 분체로 된 염색체가 형성된다. 그리고 세포의 양쪽 끝에서 뻗어 나온 방추사가 염색체에 붙는다.

**중기**에는 굵고 짧아진 염색체가 세포의 중앙에 위치하게 되는데, 이때의 염색체는 두 개의 염색 분체가 붙어 있는 상태이다. **후기**에는 염색 분체가 방추사에 의해 양극으로 끌려간다. **말기**에는 세포의 양극으로 끌려간 염색체가 다시 염색사로 풀어져 핵막에 의해 둘러싸이면서 두 개의 딸핵이 나타난다.

말기에 핵분열이 끝나면 이어서 세포질이 나누어지는 **세포질 분열**이 일어난다. 식물 세포는 두 핵 사이에 세포판이 형성되어 두 개의 딸세포가 만들어진다. 반면, 동물 세포는 세포막이 밖에서 안으로 함입되면서 세포가 나누어져 두 개의 딸세포가 형성된다.

이처럼 체세포 분열은 간기와 분열기가 연속으로 일어난다.

**중기에 관찰되는 염색체** 세포 분열이 일어나기 전에 하나의 염색체가 똑같이 복제된다. 따라서 전기와 중기의 염색체는 똑같은 유전자를 갖고 있는 두 개의 염색 분체가 붙어 있는 상태로 존재한다.



염색 분체(× 13,000)

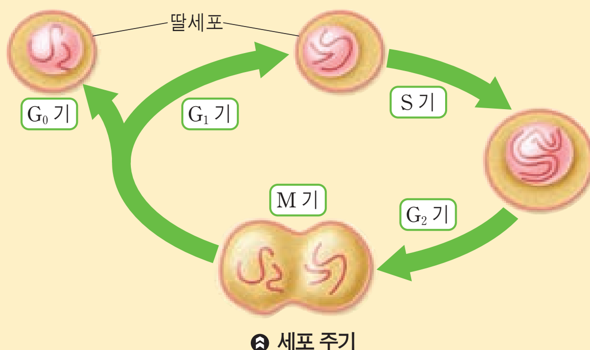
후기 — 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동한다.

말기 — 염색체가 풀어지고 핵막이 나타나면서 두 개의 핵이 생긴다.

세포질 분열 — 동물 세포 / 식물 세포



(2) **분열기(M기)** 분열기는 $G_2$기에 이어서 일어나며, 세포 분열이 실제로 일어나는 시기로서, 간기에 비해 걸리는 시간이 매우 짧다. 염색체의 특징에 따라 전기, 중기, 후기, 말기로 구분한다. 두 개의 딸핵을 만드는 핵분열이 먼저 일어나고, 이어서 세포질 분열이 일어나 두 개의 딸세포가 형성된다. 이 과정에서 간기에 복제된 DNA가 딸세포로 고르게 나누어져 들어간다.




❷ 세포 주기



## 과학 돋보기

### ❀ 핵분열

(1) **전기** 세포가 분열할 준비를 끝내면 핵막과 인이 사라지고, 염색사는 점점 꼬이고 응축되어 두 개의 염색 분체로 이루어진 염색체가 된다. 또, 방추사라고 하는 단백질 섬유가 염색체의 동원체에 연결된다.

(2) **중기** 염색체는 세포의 중앙(적도면)에 배열된다.

(3) **후기** 중앙에 배열되었던 염색 분체가 동원체에 연결된 방추사에 의해 각각 독립된 염색체로 분리되어 양극으로 이동한다.

(4) **말기** 세포의 양극에 모인 염색체는 다시 실 모양으로 풀려 염색사로 되며, 핵막과 인이 다시 나타난다.

### ❀ 세포질 분열

핵분열이 끝나면 이어서 세포질이 둘로 나누어지는 세포질 분열이 일어난다. 분열 결과 생성된 딸세포는 자라서 다시 새로운 분열을 시작한다.

(1) **식물 세포** 적도면의 중앙에서부터 바깥쪽으로 세포판이 형성되어 세포가 둘로 나누어진다.

(2) **동물 세포** 세포막의 중앙 부분이 바깥쪽에서 안쪽으로 점점 함입되어 세포가 둘로 나누어진다.

## 학습 자료실

### ❀ 여러 생물의 세포 주기에 걸리는 시간

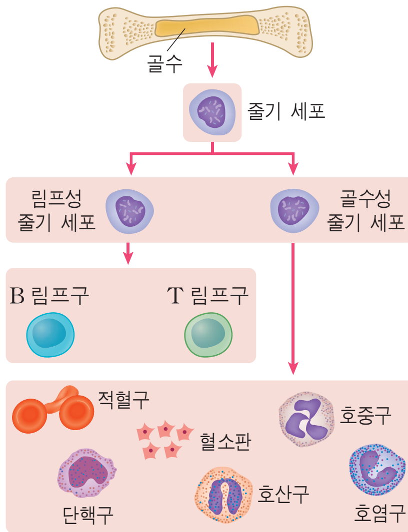
| 세포 주기 \ 생물 | 대장균 | 강낭콩(뿌리) | 쥐(배양 세포) | 사람(배양 세포) |
|---|---|---|---|---|
| $G_1$기 | 0.25 | 12 | 8 | 14 |
| S기 | 0.16 | 6 | 7 | 5 |
| $G_2$기 | 0.07 | 8 | 4 | 5 |
| M기 | 0.02 | 2 | 1 | 1 |
| 계 | 0.5 | 28 | 20 | 25 |

(단위: 시간)

## | 관련 지식 |

### ❀ 혈구 세포의 분화

골수에 들어 있는 다재다능한 줄기 세포는 체세포 분열을 하여 림프성 줄기 세포와 골수성 줄기 세포로 분화된다. 림프성 줄기 세포에서는 B 림프구 및 T 림프구가 만들어진다. 반면, 골수성 줄기 세포에서는 적혈구, 혈소판, 그 밖에도 다양한 종류의 백혈구가 만들어진다.




❷ 혈구 세포의 분화

**잠깐 체크**

사춘기 때에는 생장 속도가 빠르지만, 어릴 때와 성인 시기에는 생장 속도가 느리기 때문에 생장 곡선이 S자형이 된다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

❶ 핵분열은 염색체의 행동을 중심으로 전기-중기-후기-말기의 네 시기로 구분된다.

❷ 사람의 몸을 구성하는 체세포가 세포 분열을 통해 그 수를 늘리기 때문에 사람의 생장이 일어난다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

상처가 난 경우 손상된 세포를 대신할 수 있는 새로운 세포가 체세포 분열을 통해 만들어지기 때문에 상처가 아문다.

**체세포 분열의 의의**

생물은 체세포 분열을 통해 세포 수가 늘어나 몸이 생장한다. 식물의 경우에는 뿌리나 줄기 끝의 생장점과 형성층에서 체세포 분열이 일어난다. 식물의 생장점에서는 길이 생장이 일어나며, 형성층에서는 부피 생장이 일어난다.

반면, 사람의 체세포 분열은 몸 전체에서 일어난다. 일반적으로 어릴 때에는 체세포 분열이 활발하게 일어나 생장 속도가 빠르지만, 성인이 되면 세포의 분열 속도가 느려지다가 생장이 멈추게 된다. 따라서 사람의 생장 곡선은 S자형으로 나타난다.




❸ 그림 Ⅱ-3 사람의 생장 변화



❹ 그림 Ⅱ-4 상처의 회복_ 상처가 나면 상처 부위에서 체세포 분열이 일어나 상처가 아문다.

몸에 상처가 나면 상처 부위에서 체세포 분열이 일어나 손상된 세포가 교체되므로 상처가 아물게 된다. 또 백혈구와 적혈구가 수명을 다하면 골수에서 체세포 분열을 통해 혈구가 다시 만들어진다. 따라서 혈액 속 혈구의 수는 항상 일정하게 유지된다. 이처럼 사람은 체세포 분열을 통해 생장하고, 늙거나 손상된 세포가 젊은 세포로 교체되어 건강을 유지할 수 있다.

**잠깐 체크** 사람의 생장 곡선이 S자형을 나타내는 이유는 무엇인가?



**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

❶ 체세포 분열에서 핵분열 과정을 순서대로 써 보자.

❷ 사람의 생장이 일어나는 원리를 설명해 보자.

**생활 속 문제 해결하기**

운동을 하다가 넘어져서 무릎에 상처가 난 경우 며칠이 지나면 원래대로 회복된다. 상처가 아무는 이유를 체세포 분열과 관련지어 설명해 보자.

172 Ⅱ. 생식과 발생



## 과학 돋보기

### ❀ 체세포 분열과 식물의 생장

(1) **길이 생장** 뿌리나 줄기 끝의 생장점에서 체세포 분열에 의해 길이가 자라는 것으로서, 생장점에서는 세포 분열이 왕성하게 일어나 세포 수가 급격하게 늘어나고 그 위쪽에는 분열된 세포가 길게 생장하는 부위가 있다.

(2) **부피 생장** 줄기나 뿌리에 있는 형성층에서 체세포 분열에 의해 굵게 자라는 것으로서, 형성층은 쌍떡잎식물에만 있어서 외떡잎식물은 부피 생장이 불가능하다.

### ❀ 동물의 생장 곡선

(1) **S자형 생장 곡선** 어릴 때에는 생장이 더디게 일어나다가 어느 시기가 되면 활발한 물질대사로 급속히 생장하고, 안정기에 도달하면 노폐물 축적, 세포 물질의 대사 능력 감퇴로 인하여 생장이 중지된다.

(2) **계단형 생장 곡선** 곤충류나 갑각류와 같이 생장 중 탈바꿈이나 탈피를 하는 동물은 몸이 딱딱한 외골격으로 싸여 있어 탈피를 하는 시기에만 한꺼번에 자라는데, 이러한 과정이 반복적으로 일어난다. 그러므로 생장 과정을 그래프로 나타내면 계단형이 된다.

보충·심화

# 생명을 위협하는 암!

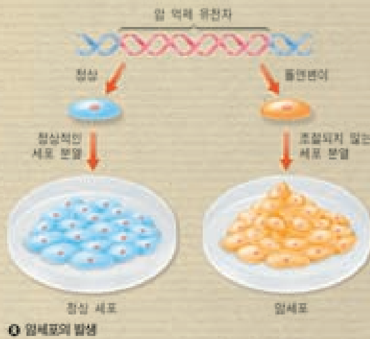
MP3 플레이어, 스마트폰 등 새로운 디자인과 다양한 기능을 가진 제품을 수없이 개발했던 스티브 잡스(Steve Jobs ; 1955~2011)는 췌장(=이자)암이 간으로 전이되어 끝내 사망하였다. 암세포는 정상 세포와 어떤 점에서 차이가 날까?

사람의 몸은 수십 조 개의 세포로 이루어져 있으며, 세포의 수가 늘어나면서 생장을 하게 된다. 세포의 수명은 영원한 것이 아니라 어느 정도 분열하면 더 이상 분열하지 못하고 죽게 된다. 그런데 세포의 정상적인 생장이나 상처에 의한 재생과는 무관하게 비정상적으로 세포 분열이 일어나면 종양이 된다.

종양은 생명에 위협을 초래하지 않고 천천히 생장하는 양성 종양과 빠른 속도로 증식하여 주변의 세포들을 죽이면서 생명을 위협하는 악성 종양으로 구분할 수 있다. 이 중에서 악성 종양을 암이라고 한다.

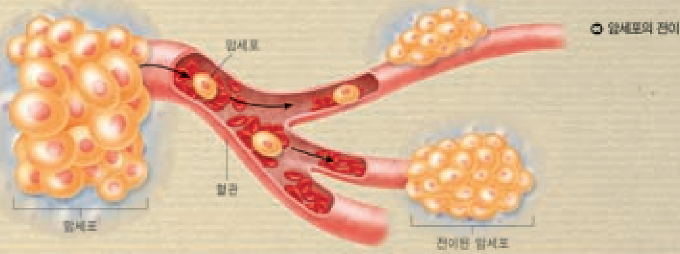
그렇다면 암세포가 비정상적으로 세포 분열을 하는 이유는 무엇일까?

정상 세포에는 암을 억제하는 유전자가 존재하여 세포 분열이 엄격하게 통제되고 있다. 그러나 암을 억제하는 유전자에 돌연변이가 일어난 암세포는 세포 분열을 조절하지 못한다. 따라서 암세포는 계속해서 세포 분열이 일어나 무한히 증식한다. 이러한 돌연변이는 모든 세포에서 일어날 수 있으므로 암세포는 우리 몸의 어디에서든지 생길 수 있다.



❶ 암세포의 발생

또 암세포는 혈액이나 림프를 따라 신체의 다른 조직이나 기관으로 이동할 수 있는데, 이를 전이라고 한다. 스티브 잡스는 췌장의 암세포가 간으로 전이되어 췌장암 수술을 받은 이후에도 간 이식 수술을 받아야 했다.



❷ 암세포의 전이

1. 세포 분열과 염색체 173




## 종양(tumor)

몸속 세포의 대부분은 성장 인자와 같은 세포 밖의 신호를 받으면 분열한다. 이러한 세포의 수명은 영원한 것이 아니라 어느 정도 분열하면 더 이상 분열하지 못하고 죽게 된다. 그런데 세포의 정상적인 생장이나 상처에 의한 재생과는 무관하게 비정상적으로 세포 분열이 일어나면 종양이 된다.

(1) **양성 종양** 세포가 기원한 원래의 조직과 유사하고 천천히 자라며, 처음 생겨난 곳에 머무르는 종양이다. 예를 들어 지방종(lipoma)은 겨드랑이에서 생긴 후, 그곳에 머무는 지방 세포의 양성 종양이다. 양성 종양은 암은 아니지만, 기관에 침범하여 그 기능을 저해할 가능성이 있을 경우 반드시 제거해야 한다.

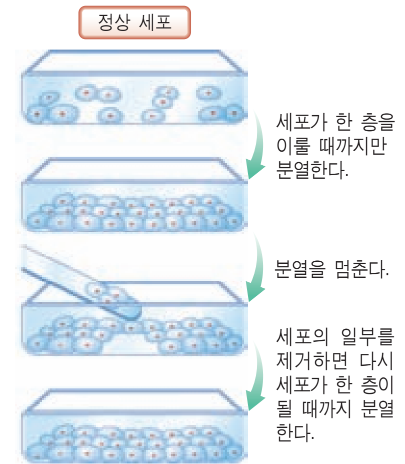
(2) **악성 종양** 세포가 기원한 원래의 조직과 다르게 보이며, 빠른 속도로 증식하여 주변의 세포들을 죽이면서 생명을 위협하는 종양이다. 악성 종양 세포의 핵은 다양한 크기와 모습을 가지는 등 대개 그 구조가 불규칙하다. 주변 조직에 침투하고, 혈액이나 림프를 따라 이동하여 몸의 다른 부위로 전이된다. 또한 악성 종양 세포는 몸의 다른 부위에 정착하여 분열과 성장을 함으로써 새로운 종양을 형성하는데, 악성 종양을 암이라고도 한다.

융합 STEAM

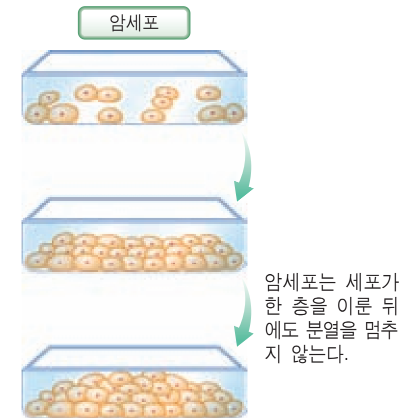
## 암세포와 세포 주기

생물의 몸을 이루는 세포는 일정한 세포 주기를 가지며, 분화하고 성장한 뒤 소멸된다. 암세포의 분열도 정상 세포와 마찬가지로 $G_1$기, S기, $G_2$기, M기와 같은 세포 주기를 거친다. 정상 세포는 손상을 입었을 때나 세포 주기를 완수할 수 없을 때 세포 주기를 정지시키는 조절 시스템이 있다. 그러나 대부분의 암세포는 이러한 조절 시스템에 문제가 생겨 세포 주기가 정지되지 않는다.

정상 세포는 배양 접시와 같이 단단한 표면에 부착시키면 분열을 시작하여 세포가 한 층을 이룰 때까지 분열을 계속하다가 세포끼리 접촉하면 분열을 멈춘다. 그러나 암세포는 세포 주기를 조절하는 시스템에 이상이 생겨 세포끼리 겹쳐져도 무한정 증식한다.



❷ 정상 세포의 세포 분열



❸ 암세포의 세포 분열

# 1-2 생식세포의 형성

## | 학습 내용 안내 |

(1) 호밀 이삭을 이용한 생식세포 분열을 관찰하여 생식세포인 꽃가루가 만들어지는 과정을 염색체의 이동과 관련지어 이해한다.

(2) 생식세포 분열이 일어나는 이유를 생물 종의 유지와 관련지어 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 읽고 정자와 난자의 기능을 생각하게 한 후, 생식세포가 갖는 염색체 수가 체세포와 같다면 그 자손이 갖는 염색체 수는 어떻게 달라지며, 나아가 생물종이 유지될 수 있을지에 대해 생각하게 한다.

↓

호밀 이삭을 이용한 생식세포 분열 과정을 관찰하고, 각 과정에서 염색체의 이동과 여러 특징을 관찰하게 한다.

↓

생식세포가 갖는 염색체 수가 절반으로 줄어드는 이유를 생식세포 분열과 관련지어 발표시키고, 나아가 한 부모로부터 나온 자손들의 특징이 서로 다른 이유를 발표하게 한다.

**찾아보기**

- 생명 과학 길라잡이(2004), LEWIS 저, 강성만 역, 라이프사이언스
- 생명의 이해(2011), George B. Johnson 저, 김우용 외 2역, 교보문고

## | 관련 지식 |

### 몽정과 초경

정액이 배출되는 현상을 사정이라고 하는데, 특히 잠잘 때 일어나는 사정을 몽정이라고 한다. 여자의 경우 처음 경험하는 월경을 초경이라고 한다.



# 1-2 생식세포의 형성




**학습 목표**

- 생식세포 분열 과정을 염색체와 관련지어 설명할 수 있다.
- 생식세포 분열이 일어나야 하는 이유를 설명할 수 있다.

사춘기가 되면 성호르몬이 활발하게 분비되면서 남자는 몽정을 하고 여자는 초경을 하는 등의 2차 성징이 나타난다. 이것은 자손을 만드는 데 필요한 생식세포인 정자와 난자가 정상적으로 만들어지기 시작했다는 것을 의미한다.

생식세포는 어떤 과정을 거쳐 만들어질까?

### 생식세포 분열

사람을 비롯한 많은 동물은 정자와 난자라는 생식세포를 만들고, 이들의 결합을 통해 새로운 자손이 태어난다. 만약 생식세포가 체세포 분열과 같은 과정으로 만들어진다면 어떻게 될까? 자손의 염색체 수는 부모의 두 배가 되고, 세대가 거듭할수록 염색체 수는 점점 증가하게 될 것이다.

사람의 염색체 수는 세대를 거듭하여도 일정하게 유지된다. 그 이유는 모세포와 딸세포의 염색체 수가 변함없는 체세포 분열과 달리, 생식소에서 만들어지는 생식세포는 염색체 수가 모세포의 절반으로 감소하는 분열을 통해 만들어지기 때문이다. 이러한 세포 분열을 **생식세포 분열**이라고 한다.

호밀의 꽃밥에서 생식세포인 꽃가루가 만들어지는 과정을 관찰함으로써 생식세포 분열이 어떻게 일어나는지 알아보자.

**탐구 활동** 호밀 이삭의 생식세포 분열 관찰(동영상)

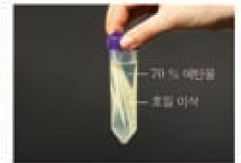
**목표**

생식세포인 꽃가루가 만들어지는 과정을 관찰하고, 각 분열 시기의 특징을 설명할 수 있다.

**실험 전 준비 과정**

❶ 호밀의 이삭이 피기 전에 이삭을 채취하여 에탄올과 아세트산 용액의 3 : 1 혼합액에 넣어 일주일간 둔다.

❷ 70 % 에탄올로 이삭을 씻어낸 후, 70 % 에탄올에 넣어 냉장 보관한다.






## 탐구 활동 관찰(동영상)

### | 목표 |

1 생식세포 분열 과정을 관찰하고, 각 단계의 특징을 설명할 수 있다.

2 꽃가루가 갖는 염색체 수가 줄어드는 이유를 염색체 이동과 관련하여 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

생식세포 분열 시기의 호밀 이삭을 고정하면 분열 중인 많은 세포를 관찰할 수 있다.

### | 유의점 |

1 교사는 수업 전에 분열하고 있는 이삭을 고정시킨 것을 학생들에게 나누어 준다. 그렇지 않을 경우 분열 전의 이삭이나 분열이 끝나 꽃가루만 들어 있는 이삭을 고정시킨 것으로 실험한 학생은 생식세포 분열 과정을 관찰할 수 없다.

2 탐구를 진행하기 전에 호밀 이삭에서 홑이삭을 떼어 내고, 홑이삭에서 꽃밥을 분리하는 과정에 대하여 구체적으로 설명한다.

3 실험 과정에서 해부 침을 치켜들지 않는다.

과정




❶ 고정된 호밀 이삭에서 핀셋으로 낱꽃을 뜯어낸다.

❷ 낱꽃을 받침 유리에 올려놓고, 낱꽃에 포함된 꽃밥을 분리한다.

❸ 꽃밥 외의 나머지를 제거한 후 1 % 아세토올세인 용액을 한 방울 떨어뜨린다.

❹ 해부 침을 이용하여 꽃밥을 잘게 찢은 후 5분간 두어 염색한다.

❺ 꽃밥 조각을 제거한 후 덮개 유리로 덮는다.

❻ 여분의 용액을 거름종이로 흡수한 다음 현미경으로 관찰한다.

준·비·물

- 실험 전: 이삭이 피기 전의 호밀 이삭, 에탄올, 아세트산 용액, 저장 용기
- 실험 과정: 고정된 호밀 이삭, 1 % 아세토올세인 용액, 현미경, 받침 유리, 덮개 유리, 해부 침, 거름종이, 스포이트, 핀셋, 실험용 장갑

유·의·점

염색액이 마르기 전에 염색액을 한 방울 더 떨어뜨린다.

결과

1 현미경으로 관찰되는 여러 단계의 세포를 그리고, 생식세포가 만들어지는 순서대로 나열해 보자.




2 중기로 보이는 세포의 염색체 모양은 어떠한가?

해석 창의 · 인성

1 생식세포가 형성되려면 몇 번의 세포 분열이 일어나야 하는가? 그리고 분열 후 생긴 생식세포는 몇 개인가?

2 생식세포의 특징을 염색체 수와 관련지어 설명해 보자.

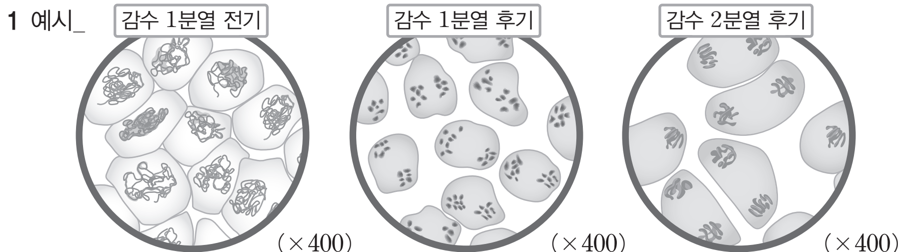
1. 세포 분열과 염색체 175

## 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 상 | 중 | 하 |
| 과정 | 1. 호밀 이삭에서 꽃밥을 제대로 분리하였는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 꽃밥을 잘 터뜨려 현미경 표본을 만들었는가? | □ | □ | □ |
| 결과 | 1. 핵이나 염색체의 염색이 충분히 잘 되었는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 분열 중인 세포를 제대로 그리고, 그 특징을 기록하였는가? | □ | □ | □ |
| 해석 | 생식세포 분열에서 각 단계의 특징을 옳게 설명하는가? | □ | □ | □ |

## 결과

1 예시_




2 감수 1분열 중기에는 상동 염색체가 결합한 2가 염색체가 관찰되며, 감수 2분열 중기에는 두 개의 염색 분체가 결합한 염색체가 관찰된다.

## 해석 창의 · 인성

1 모세포는 감수 1분열과 감수 2분열의 2회에 걸쳐 분열이 일어난다. 그 결과 네 개의 생식세포(꽃가루)가 만들어진다.

2 생식세포 분열을 거쳐 만들어진 생식세포는 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되었기 때문에 염색체 수가 모세포의 절반이다.

## 과학 돋보기

### ❀ 호밀 이삭 채취

5월 중순 이삭이 본잎에 싸여 있을 때(패지 않았을 때) 이삭을 채취한다.

### ❀ 호밀 이삭의 고정

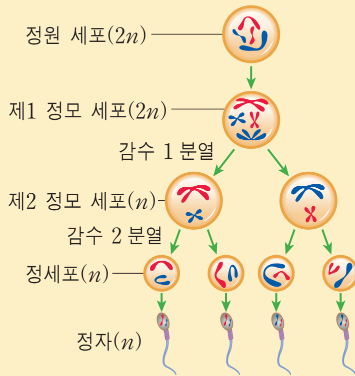
본잎을 제거한 이삭은 에탄올과 아세트산 용액을 3 : 1로 혼합한 고정액에 넣어 일주일간 보관한다. 이 과정에서 이삭은 색소가 빠져나가 흰색으로 변한다. 그 후 이삭을 70 % 에탄올로 세척한 후, 70 % 에탄올에 보관하면서 생식세포 분열을 관찰할 때 사용한다. 고정시킨 이삭을 에탄올에 넣어 냉장 보관하면 3~4년간 사용할 수 있다.

### ❀ 호밀 이삭의 구조

호밀 이삭에는 매우 많은 수의 홑이삭이 붙어 있으며, 하나의 홑이삭은 둘로 분리되는데, 각각 세 개씩의 꽃밥이 들어 있다. 생식세포 분열을 관찰하기 위해서는 약 4 mm 길이의 꽃밥을 사용하는 것이 좋다. 체세포 분열과 같이 꽃밥을 너무 잘게 찢을 필요가 없으며, 단지 꽃밥을 터뜨려 꽃밥 속에 들어 있는 세포를 빼낸다는 생각으로 현미경 표본을 준비한다.

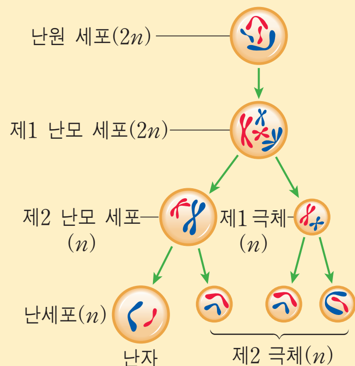
## 생식세포의 형성

(1) **정자 형성** 제1 정모 세포($2n$)가 감수 1분열을 통해 두 개의 제2 정모 세포($n$)를 형성하고, 제2 정모 세포는 감수 2분열을 통해 네 개의 정세포($n$)를 형성하며, 정세포는 정자($n$)로 변형된다. 정자 형성 과정에서 세포질이 균등하게 분배되므로 네 개의 정자는 모두 기능을 갖는다.




❷ 정자 형성 과정

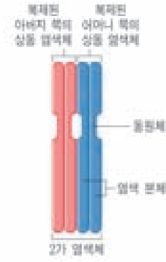
(2) **난자 형성** 제1 난모 세포($2n$)가 감수 1분열을 통해 제2 난모 세포($n$)와 제1 극체($n$)를 형성하고, 이들은 각각 감수 2분열을 통해 한 개의 난세포($n$)와 세 개의 제2 극체($n$)를 형성한다. 난세포는 난자로 되며, 극체는 퇴화된다. 난자 형성 과정에서 세포질이 불균등하게 분배되므로 난자만이 기능을 갖는다.




❷ 난자 형성 과정

**상동 염색체**
체세포에 존재하는, 모양과 크기가 같은 염색체 쌍

**2가 염색체**
감수 1분열 전기에 상동 염색체가 서로 붙어서 2가 염색체를 형성한다.



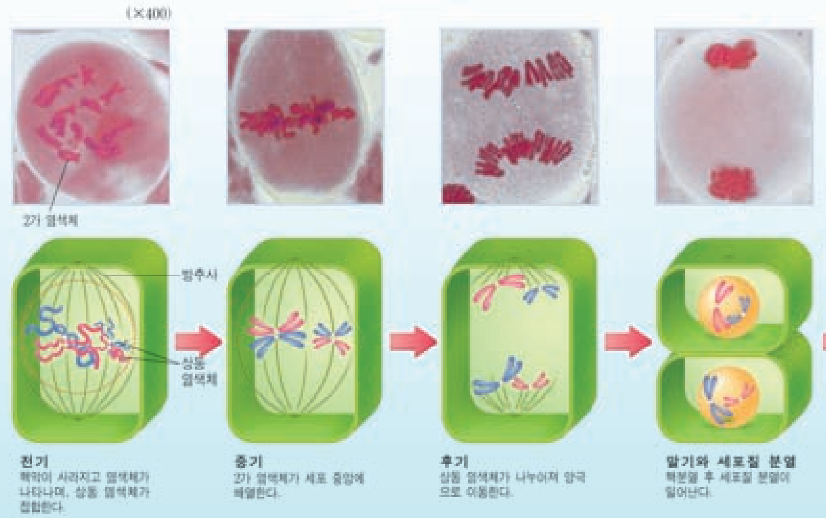

### 생식세포의 분열 과정과 의의

생식세포의 예로는 사람의 정자와 난자, 속씨식물의 꽃가루와 난세포가 있다. 사람의 정자는 정소에서 만들어지고, 난자는 난소에서 만들어진다. 속씨식물의 꽃가루는 꽃밥에서, 난세포는 씨방 안의 밑씨에서 만들어진다.

생식세포 분열의 간기에는 체세포 분열과 같이 유전 물질이 복제된다. 그러나 생식세포 분열에서는 세포 분열이 2회에 걸쳐 연속적으로 일어난다. 이때 처음 일어나는 분열을 **감수 1분열**이라고 하며, 나중에 일어나는 분열을 **감수 2분열**이라고 한다.

감수 1분열의 전기에는 상동 염색체가 서로 붙게 되는데, 이 상동 염색체의 쌍을 **2가 염색체**라고 한다. 중기에는 2가 염색체가 세포의 중앙에 배열하고, 후기에는 방추사에 의해 상동 염색체가 각각 분리되어 양극으로 끌려간다. 이처럼 감수 1분열로 두 개의 딸세포가 만들어지며, 각각의 딸세포에 들어 있는 염색체 수는 상동 염색체가 분리되었기 때문에 모세포 수의 절반으로 줄어든다. 감수 1분열이 끝나면 바로 감수 2분열이 시작된다.

❸ 그림 Ⅱ-5 생물의 생식세포 분열 과정




176 Ⅱ. 생식과 발생

### 과학 돋보기

#### ❀ 정자와 난자 형성 과정의 비교

(1) **세포질 분열** 정자 형성 과정에서는 세포질이 균등하게 분열하지만, 난자 형성 과정에서는 세포질이 불균등하게 분열한다.

(2) **1개의 모세포로부터 만들어지는 생식세포 수** 하나의 모세포로부터 정자는 네 개가 만들어지지만, 난자는 한 개가 만들어진다.

(3) **100개의 생식세포를 만들기 위해 필요한 최소한의 모세포의 수** 100개의 정자가 만들어지기 위해서는 25개의 모세포가 필요하지만, 난자 100개를 만들기 위해서는 100개의 모세포가 필요하다.

#### ❀ 난자의 감수 분열

정자 형성 과정과 달리 난자의 감수 분열은 태어나기 전부터 시작되므로 분열 과정이 매우 길다. 태어날 때 난소에는 감수 1분열의 전기 상태에 머물러 있는 제1 난모 세포가 약 200만 개 들어 있는데, 이것은 계속 줄어 사춘기에는 40만 개 정도만 남게 된다. 사춘기에 들어서면 성 호르몬의 영향으로 제2 난모 세포로 된 다음 여포에서 성숙한 뒤 배란된다.

감수 2분열에서는 간기에 복제되었던 염색 분체가 나누어져 양극으로 끌려가므로 염색체 수는 변화가 없다. 결과적으로 생식세포 분열로 하나의 모세포에서 염색체 수가 반으로 줄어든 네 개의 딸세포가 형성된다. 이와 같이 염색체가 반감되는 특성 때문에 생식세포 분열을 **감수 분열**이라고도 부른다.

생식세포 분열을 통해 만들어진 정자와 난자는 수정하여 자손이 태어나며, 자손의 염색체 수는 어버이와 같다. 이처럼 염색체 수는 생식세포 분열과 수정을 통해 세대를 거듭하여도 항상 일정하게 유지될 수 있으며, 그 결과 생물종이 유지될 수 있다.

자기 주도 학습

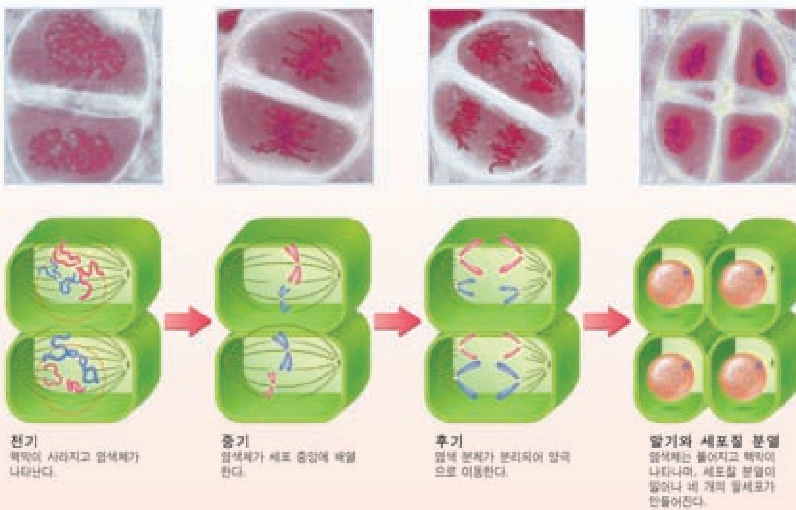
개념 확인하기

❶ 생식세포 분열 과정에서 유전 물질의 복제는 몇 번 일어나는가?

❷ 염색 분체는 생식세포 분열의 어느 과정에서 분리되는가?

과학과 실험 연관 짓기

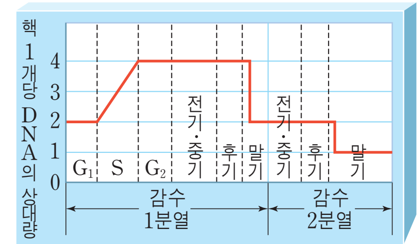
백합을 이용하여 생식세포를 관찰하려고 한다. 관찰 재료를 어떻게 선택해야 하는지 조사해 보자.




1. 세포 분열과 염색체 177




### 생식세포 분열에서 DNA량의 변화




❷ 생식세포 분열에서 DNA량의 변화

(1) **간기**　S기에 복제가 일어나서 DNA량이 두 배로 증가한다.

(2) **감수 1분열 후기**　접합했던 2가 염색체가 분리되어 양극으로 이동한다.

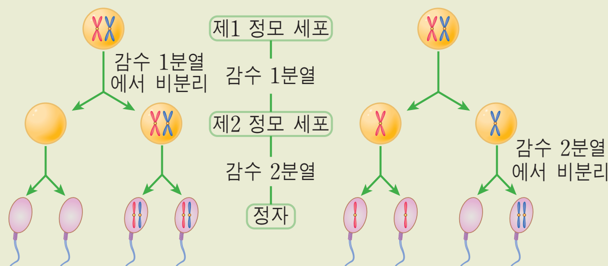
(3) **감수 1분열 말기**　딸세포의 핵 속에 복제되기 전과 같은 양의 DNA가 들어 있고, 염색체 수는 모세포의 절반이다.

(4) **감수 2분열 말기**　새로 생긴 딸세포의 핵은 복제되기 전의 모세포가 가진 DNA량의 절반을 갖는다.

## 보충 학습　염색체 수의 이상

(1) **염색체 비분리**　생식세포가 형성될 때 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되지 않거나, 감수 2분열에서 염색 분체가 분리되지 않아 정상보다 염색체 수가 적거나 많은 생식세포가 만들어지는 현상을 말한다.

(2) **이수성**　정상보다 많거나 적은 염색체 수를 가진 생식세포가 수정되어 염색체 수가 정상적인 $2n$보다 한두 개 많거나 적게 나타나는 돌연변이를 이수성이라고 한다.




❷ 정자의 염색체 비분리 현상

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 1회_ 체세포 분열과 마찬가지로 생식세포 분열에서도 유전 물질의 복제는 간기에 1회만 일어난다.

❷ 감수 2분열 후기_ 감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되기 때문에 핵상이 $2n$에서 $n$으로 반감된다. 그러나 감수 2분열에서는 간기에 복제되었던 염색 분체가 분리되기 때문에 핵상은 $n$에서 $n$으로 변화가 없다.

▶ 과학과 실험 연관 짓기

생식세포 분열이 진행되고 있는 시기의 백합 꽃봉오리를 채취하여 고정시켜야 한다. 백합의 경우 약 2 cm 길이의 꽃봉오리를 채취하여 고정시키면 생식세포 분열을 잘 관찰할 수 있다.

# 1-3 유전자와 염색체

## | 학습 내용 안내 |

(1) 부모의 유전 형질을 결정하는 유전자가 염색체를 통해 자손에게 전달된다는 것을 안다.
(2) 세포 내에서 유전 물질인 DNA가 응축되어 염색사와 염색체를 형성한다는 사실을 안다.
(3) 체세포 분열과 생식세포 분열에서 염색체의 행동을 비교하여 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 읽고 부모와 자식이 닮는 이유가 무엇인지를 생각하게 한 후, 생식세포에는 무엇이 들어 있을지 생각하게 한다.



유전자를 운반하는 염색체의 구조를 DNA와 관련시켜 설명하게 한다.



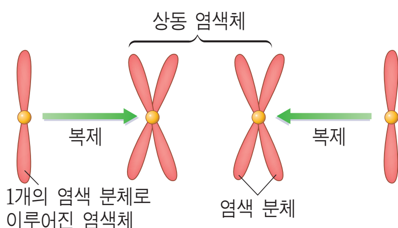
체세포 분열과 생식세포 분열에서 염색체가 어떻게 이동하는지 비교하여 모세포와 딸세포의 차이점을 설명하게 한다.

### 찾아보기

- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스
- 그림으로 보는 거의 모든 것의 역사(2009), 빌 브라이슨 저, 이덕환 역, 까치

## | 관련 지식 |

### ❀ 상동 염색체와 염색 분체의 구조




Ⅱ. 생식과 발생

# 1-3 유전자와 염색체



학습 목표
- 유전자와 염색체의 관계를 설명할 수 있다.
- 사람의 염색체 구성을 설명할 수 있다.
- 세포 분열 과정에서 염색체의 행동을 설명할 수 있다.

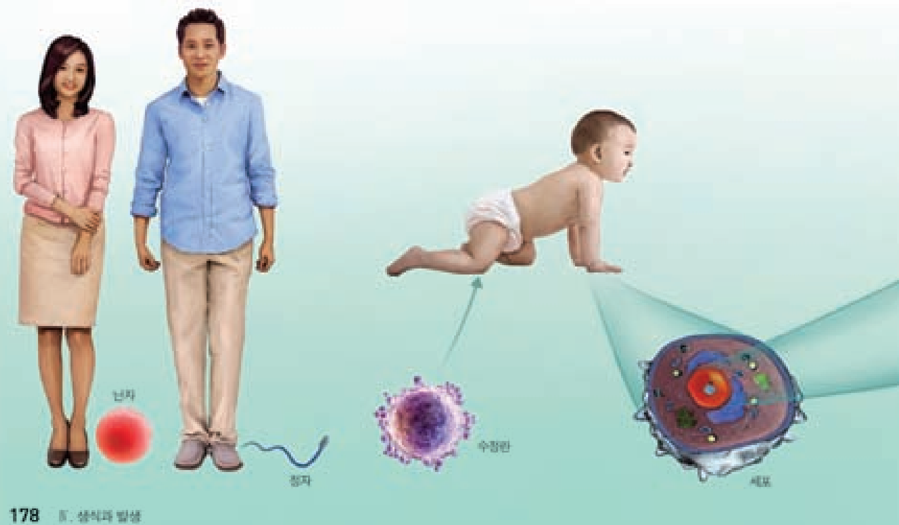
어렸을 때 잃어버린 자식을 찾은 부모가 자식을 부둥켜안고 감격의 눈물을 흘리는 모습을 텔레비전을 통해 볼 수 있다. 그들은 어떻게 서로 한가족이라는 것을 알 수 있을까?

**유전자와 염색체**

부모가 어렸을 때 잃어버렸던 자식을 금방 알아볼 수 있었던 이유는 아이에게서 자신과 닮은 모습을 찾을 수 있었기 때문이다. 이처럼 부모의 여러 가지 특징은 자손에게 전달된다. 그러면 부모의 특징들은 무엇을 통해 자손에게 전달될까?

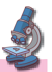
부모로부터 자손에게 전해지는 특징을 **유전 형질**이라고 하는데, 유전 형질은 유전자의 활동에 의해 나타난다. 과학자들은 생식세포 분열과 수정 과정에서 유전자와 염색체의 행동이 비슷한 점에서 유전자가 염색체에 존재한다고 생각하였다.

◎ 그림 Ⅱ-6 염색체와 유전자




178 Ⅱ. 생식과 발생

## 과학 돋보기



### ❀ 진핵생물의 염색체

염색체의 기본 단위는 매우 긴 선형의 2중 나선 구조인 DNA 분자가 염색질(chromatin)이라 불리는 응축된 물질을 만들기 위하여 많은 단백질들과 복합체를 이룬 것이다. 사람의 세포 한 개가 가진 DNA는 그 길이가 2 m에 달한다. 그러나 핵의 지름은 단지 5 $\mu$m에 지나지 않는다. 따라서 진핵 세포의 DNA는 고도로 조직화된 방식으로 포장되어야 한다.

이 포장은 주로 DNA와 밀접하게 결합하는 단백질인 히스톤(histone)에 의해 이루어진다. 히스톤은 리신과 아르기닌 같은 염기성 아미노산을 다량 포함하고 있기 때문에 세포 내에서 양전하를 띠는데, 이 양전하가 DNA에서 음전하를 띤 인산기를 잡아당긴다. 이처럼 DNA와 히스톤, 히스톤과 히스톤 사이의 상호 작용으로 인해 염주 모양의 뉴클레오솜(nucleosome) 단위가 만들어진다.

간기 동안에 각각의 염색체를 구성하는 염색질은 느슨하게 포장되어 있기 때문에 DNA 복제와 전사에 관여하는 단백질들이 DNA에 접근할 수 있다. 그러나 체세포 분열과 생식세포 분열의 전기에 들어서면 염색질은 뉴클레오솜으로 포장되면서 더 많이 꼬이고 응축된 결과 염색체로 관찰된다.

자손은 부모의 생식세포인 정자와 난자의 수정에 의해 태어난다. 이때 부모의 정자와 난자는 자손에게 무엇을 전달하는 것일까?

정자와 난자는 부모에게서 물려받은 각각 23개의 염색체를 가지고 있다. 따라서 부모의 유전자를 절반씩 물려받은 자손은 부모 양쪽의 특징을 물려받아 부모와 닮는 것이다.

예를 들어 아버지와 어머니로부터 쌍꺼풀 유전자를 물려받은 경우, 자손은 쌍꺼풀 유전자를 가지게 되어 쌍꺼풀이 나타난다. 이처럼 염색체는 부모의 형질을 자손에게 물려주는 역할을 한다. 사람의 여러 가지 형질을 결정하는 유전자의 종류는 약 2만 가지이지만 염색체의 종류는 23개에 불과하다. 따라서 한 염색체에는 수백~수천 개의 유전자가 존재한다.

그러면 형질을 결정하는 유전자는 무엇으로 이루어져 있으며, 염색체에 어떻게 존재할까?

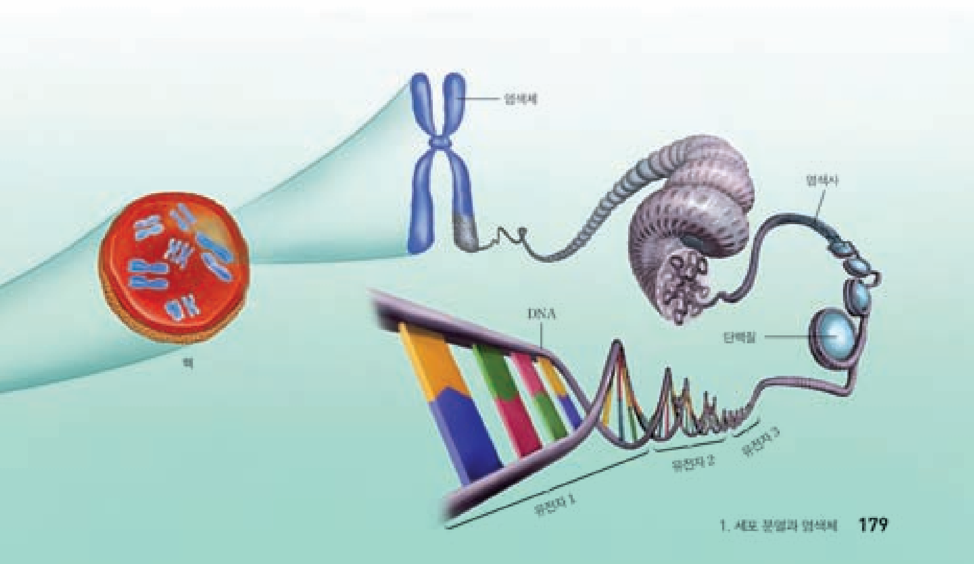
핵 속에는 유전 물질인 DNA가 있는데, 어떤 형질에 대한 정보를 가지고 있는 DNA의 특정 영역을 **유전자**라고 한다. 핵에서 DNA는 단백질을 감싼 후 꼬여서 염색사를 형성한다. 세포가 분열하지 않는 간기에는 염색사로 존재하지만, 세포가 분열기에 접어들면 염색사가 접히고 응축되어 막대기 모양의 염색체로 관찰된다.

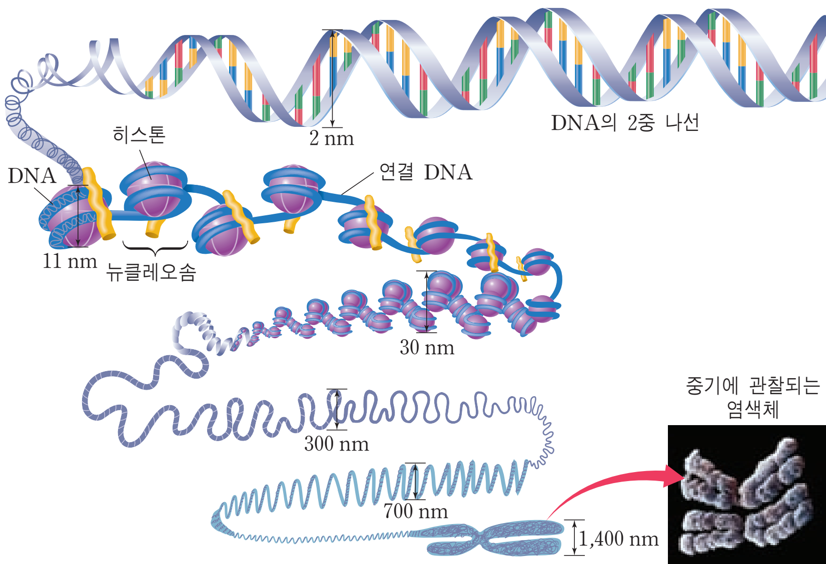
**눈꺼풀 유전**
쌍꺼풀은 외꺼풀 형질에 대하여 우성 형질이다.

**DNA**
두 가닥이 서로 꼬여 있는 나선 구조로 되어 있으며, 생물의 유전 형질을 결정하는 유전 정보를 저장한다.



DNA 모형




❷ DNA와 염색체

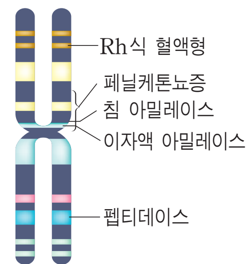



## ❀ 눈꺼풀 유전

사람이 가진 눈꺼풀에는 쌍꺼풀과 외까풀이 있는데, 눈꺼풀 형질은 다음 세대로 전달되는 유전 형질이다. 눈꺼풀 형질은 한 쌍의 유전자에 의해 결정되는데, 쌍꺼풀이 외까풀에 대하여 우성 형질이다. 쌍꺼풀 유전자를 A, 외까풀 유전자를 a라고 하면, 유전자형이 AA나 Aa인 사람은 쌍꺼풀을 가지고, aa인 사람은 외까풀을 가진다. 따라서 아버지로부터 쌍꺼풀 유전자를 물려받고 어머니로부터 쌍꺼풀 유전자를 물려받는 경우 자손은 유전자형이 AA가 되어 쌍꺼풀을 가진다.

## ❀ 사람의 염색체와 유전자

사람의 염색체는 23쌍이지만 유전자의 수는 약 2만 가지이다. 따라서 한 염색체에는 여러 개의 유전자가 함께 존재하게 된다.




❷ 사람의 1번 염색체

## ❀ DNA 구조의 발견

21세기를 생명 공학의 시대라고 한다. 생명 현상을 조절하는 유전자에 대한 이해를 바탕으로 유전자를 조작하는 수준에 이르렀기 때문이다. 이와 같은 생명 공학의 출발은 유전 물질인 DNA의 분자 구조가 밝혀지면서 가능해졌다.

1953년 왓슨과 크릭은 과학 전문 주간지에 "핵산의 분자 구조"라는 제목으로 그 당시까지 알려진 DNA와 관련된 여러 연구 결과들, 특히 샤가프의 염기 조성 비율, 윌킨스와 프랭클린의 X선 회절 사진을 종합적으로 분석하여 DNA의 이중 나선 구조를 설명하였다. 이 공로를 인정받아 1962년에 왓슨과 크릭, 그리고 윌킨스는 노벨 생리 · 의학상을 수상하게 되었다.

**참고 자료** 최초의 유전 물질은?

원시 지구에서 만들어진 유기물 중에서 생명체로 진화하는 데 가장 중요한 역할을 한 것은 무엇이었을까?

생명체가 무생물과 다른 가장 중요한 차이는 자기 복제 능력이다. 핵산은 유전 정보를 가지고 있으면서 자기 복제가 가능한 물질이다. 이러한 유전 정보가 복제될 때 효소 작용을 하는 단백질이 필요한데, 핵산의 일종인 RNA는 유전 정보를 전달할 뿐만 아니라 중합 반응을 촉매하는 효소의 기능도 갖고 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 점으로 미루어 볼 때 생명체의 진화 초기에서 최초의 유전 물질은 RNA였을 것으로 생각된다.

## 관련 지식

### ❀ 사람의 DNA는 얼마나 빠르게 복제될까?

DNA 복제 과정에서 뉴클레오타이드가 첨가되는 속도는 박테리아의 경우 초당 500개이고, 사람은 초당 50개이다. 그러므로 4,000개의 염기를 갖는 DNA를 복제하는 데 필요한 시간은 박테리아가 8초, 사람은 80초이다. 그렇다면 46개의 염색체에 있는 30억 쌍의 뉴클레오타이드 전체를 복제하기 위해서는 얼마의 시간이 필요할까?

매우 많은 시간이 걸릴 것이라고 생각할 수 있지만 실제로는 대략 8시간 정도면 복제가 완료된다고 한다. DNA 복제가 이렇게 빨리 이루어질 수 있는 것은 각 염색체의 여러 부분에서 동시에 복제가 진행되기 때문이다.

### ❀ 핵형

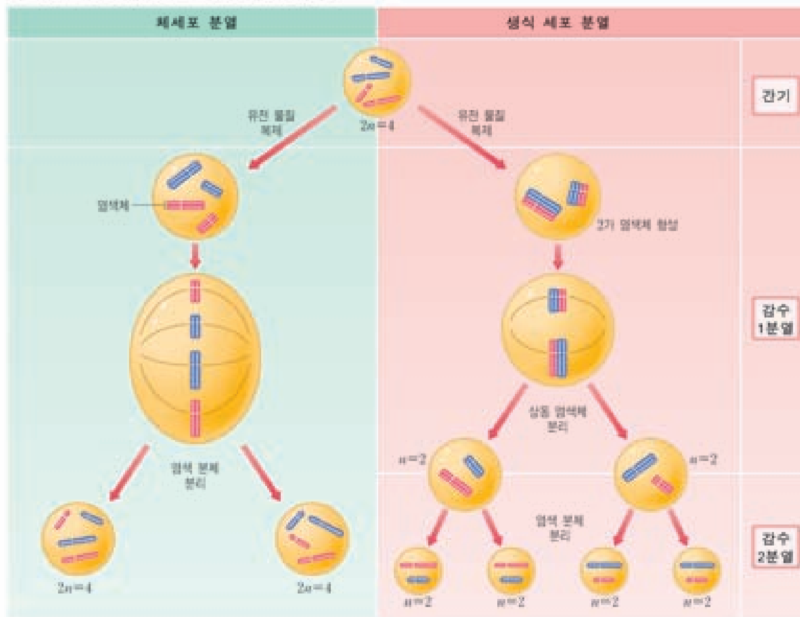
생물은 종에 따라 염색체의 수나 크기, 모양이 일정한데, 이러한 염색체의 특성을 핵형이라고 한다. 생물은 종마다 고유한 핵형을 가지고 있다. 따라서 핵형 분석을 통해 태아의 기형 여부나 서로 다른 종 간의 유연관계를 알아볼 수 있다.

**염색체와 세포 분열**

우리 몸을 구성하는 체세포는 46개의 염색체를 가지고 있으며, 각각의 세포가 지니고 있는 유전자 구성은 모두 같다. 그 이유는 하나의 수정란에서 체세포 분열을 통해 몸이 만들어졌기 때문이다. 그러나 생식세포 분열을 통해 만들어진 정자와 난자는 각각 23개의 염색체를 가지며, 각 세포들은 유전자 구성이 매우 다양하다. 체세포 분열과 생식세포 분열의 공통점과 차이점은 무엇일까?

체세포 분열과 생식세포 분열이 일어나기 위해서는 먼저 간기에 유전 물질인 DNA가 복제되어야 한다. DNA 복제는 체세포 분열과 생식세포 분열에서 공통으로 일어나는 과정이다. DNA 복제가 일어나면 염색체는 2개의 염색 분체가 붙어 있는 상태가 된다. 따라서 세포 분열의 전기와 중기에 관찰되는 염색체는 염색 분체가 분리되지 않았기 때문에 유전자 구성이 같은 2개의 염색 분체로 구성되어 있다.

그림 Ⅱ-7 체세포 분열과 생식세포 분열에서 염색체의 분리




180 Ⅱ. 생식과 발생

**과학 돋보기**

### ❀ 체세포 분열과 생식세포 분열의 비교

체세포 분열에서는 모세포와 딸세포의 염색체 수와 DNA량이 동일하지만 생식세포 분열에서는 동일하지 않다. 감수 1분열에서는 염색체 수와 DNA량이 반감되지만 감수 2분열에서는 체세포 분열과 같이 염색체 수는 변하지 않고 DNA량만 반감된다.

**체세포 분열과 생식세포 분열의 비교**

| 구분 | 체세포 분열 | 생식세포 분열 |
|---|---|---|
| 분열 장소 | 체세포 | 생식 기관 |
| 분열 시기 | 체세포 형성 시 | 생식세포 형성 시 |
| 분열 횟수 | 1회 | 2회 |
| 염색체 수 | $2n \rightarrow 2n$ | $2n \rightarrow n$ |
| 상동 염색체 | 접합하지 않는다. | 접합했다가 떨어진다.<br>(2가 염색체 형성) |
| 딸세포 수 | 2개 | 4개 |

사람의 체세포가 가진 염색체는 46개이지만, 세포 분열 후 체세포와 생식세포의 염색체 수가 서로 달라진 까닭은 무엇일까?

체세포 분열과 생식세포 분열의 차이점은 분열 횟수와 염색체가 분리되는 방식에 있다. 체세포 분열에서는 염색체들이 적도면에 배열한 후, 방추사에 의해 염색 분체가 분리되어 양쪽으로 끌려간다. 따라서 딸세포가 갖는 염색체 수는 모세포와 동일한 46개이다.

생식세포 분열에서는 2회의 연속적인 분열이 일어난다. 감수 1분열에서 2가 염색체를 구성하는 상동 염색체가 서로 분리되므로 만들어진 딸세포의 염색체 수는 23개이다. 이때 염색 분체는 아직 분리되지 않은 상태이므로 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있다. 감수 2분열에서는 체세포 분열과 유사하게 염색 분체가 분리되어 23개의 염색체를 갖는 네 개의 딸세포가 만들어진다. 그 결과 생식세포 분열로 만들어진 딸세포의 염색체 수는 모세포의 절반이 된다.

**생식세포의 유전적 다양성**
상동 염색체는 부모 양쪽으로부터 하나씩 물려받은 것이므로 상동 염색체 사이의 유전적 구성은 서로 다르다. 이러한 상동 염색체가 감수 1분열에서 무작위로 분리되어 생식세포로 들어가므로 유전자 구성이 다양해 진다.

**과학 자료실** 사람의 염색체 구성

각 생물이 가진 염색체의 모양과 수는 생물의 종에 따라 다르다. 우리 몸을 구성하고 있는 세포들은 모두 하나의 수정란으로부터 체세포 분열을 통해 만들어졌으며, 모두 46개의 염색체를 갖고 있다. 이 46개의 염색체를 자세히 관찰하면 모양과 크기가 같은 염색체가 쌍으로 존재하는데, 이를 **상동 염색체**라고 한다.

상동 염색체 중에서 남자와 여자에 공통으로 존재하는 22쌍의 염색체를 **상염색체**라고 하며, 성을 결정하는 X와 Y 염색체를 **성염색체**라고 한다. 남자는 22쌍의 상염색체와 성염색체 X와 Y를 가지며, 여자는 22쌍의 상염색체와 성염색체 X를 두 개 가진다.

사람의 염색체

남자의 성염색체

자기 주도 학습

개념 확인하기

❶ 특정 형질을 결정하는 유전적 요소를 무엇이라고 하는가?

❷ 체세포의 염색체 수가 46개인 생물에서 체세포 분열과 생식세포 분열 결과 만들어진 딸세포에는 각각 몇 개의 염색체가 들어 있는가?

과학과 생활 연관 짓기

한 부모로부터 태어난 자녀라도 모습이 서로 다르다. 그 이유를 생식세포 분열과 관련지어 설명해 보자.

1. 세포 분열과 염색체 181

## 학습 자료실

### ❀ 생식세포의 유전적 다양성

아버지로부터 만들어진 모든 정자는 어머니가 만든 난자와 수정할 수 있는 동일한 확률을 가진다. 이 과정을 무작위 수정이라고 한다. 교차에 의한 유전적 다양성을 고려하지 않고도 염색체의 무작위 배열과 무작위 수정에 의해 부모는 64조 이상의 서로 다른 자녀를 가질 수 있으며, 우리 모두는 이 가능성 중의 하나이다.

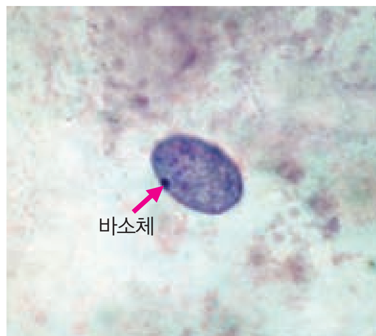
우리가 가진 형질을 결정하는 것은 아버지와 어머니에게서 온 각각의 대립 유전자의 조합이다. 물론 유전적 구성이 동일한 1란성 쌍둥이도 환경의 영향을 받아 그 형질이 약간씩 다르게 나타날 수 있지만, 1란성 쌍둥이가 아닌 형제의 형질이 서로 다른 근본적인 이유는 부모로부터 동일한 대립 유전자를 물려받지 않았기 때문이다. 무작위 배열, 교차, 그리고 무작위 수정은 매 세대에서 독특한 조합의 대립 유전자를 만들어 낸다. 이러한 과정을 통해 사람뿐만 아니라 유성 생식을 하는 모든 생물 집단에서 개체의 다양성이 나타나게 된다.

## 학습 자료실

### ❀ 염색체와 성 구분

운동 경기 종목 중에는 남성은 남성끼리, 여성은 여성끼리 경기를 진행하는 종목이 많다. 이러한 경우 운동 선수의 성별을 침 검사로 확인하는데, 구강의 상피 세포를 관찰하면 남녀를 구분할 수 있다.

여성은 남성보다 X염색체가 1개 더 많다. 만약, X염색체 위에 있는 유전자가 모두 활성화되면 여성은 남성보다 2배나 많은 양의 유전자 산물을 합성하게 된다. 이러한 불균형을 막기 위하여 여성의 X염색체 하나는 불활성화되어 있다. 이와 같이 한 개의 X염색체가 불활성화 상태로 응집되어 있는 것을 바소체라고 한다. 여성의 경우 구강 점막의 상피 세포를 염색하였을 때 세포의 핵에서 바소체가 관찰된다. 하지만 남성은 바소체가 관찰되지 않는다. 이처럼 간편한 방법으로 성별을 확인할 수 있다.



❹ 바소체(×900)

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 유전자_ 유전 형질을 결정해 주는 요소를 유전자라고 하며, 유전자의 활동에 의해 특정 형질이 발현된다.

❷ 체세포의 염색체 수가 46개이므로, 체세포 분열 결과 만들어진 딸세포의 염색체 수는 46개이고, 생식세포 분열의 결과 만들어진 생식세포의 염색체 수는 23개이다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

아버지로부터 정자가 만들어지고 어머니로부터 난자가 만들어지는데, 생식세포 분열을 통해 만들어진 생식세포는 유전적으로 다양하다. 따라서 이들의 수정에 의해 태어난 자손은 부모가 같아도 모습이 서로 다르다.

# 2-1 생식의 종류

## | 학습 내용 안내 |

(1) 생물은 다양한 방법으로 자손을 만들어 생명을 이어 나가고 있음을 안다.

(2) 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 유전적 다양성의 관점에서 이해한다.

## | 학습 전개 |

생명 현상의 특징인 생식의 개념을 종족의 유지 측면에서 생각하게 한다.



효모의 출아 관찰 실험을 통해 무성 생식의 특징을 설명하게 한다.



무성 생식의 종류를 알고, 유성 생식에서 식물의 수정과 발생 과정을 설명하게 한다.



유성 생식과 무성 생식의 공통점과 차이점을 비교하여 설명하게 한다.

---

# 2-1 생식의 종류



학습 목표

- 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 설명할 수 있다.
- 무성 생식의 여러 가지 방법을 설명할 수 있다.
- 유성 생식 과정을 설명할 수 있다.

봄이 되면 큰가시고기의 수컷은 모래와 진흙을 파내고 나뭇잎과 수초로 산란 둥지를 만든다. 암컷이 둥지 안에 산란을 하면 수컷은 수정란이 부화할 때까지 산란장을 지킨다. 큰가시고기의 수컷은 자신보다 더 큰 물고기가 접근해도 도망가지 않고 날카로운 가시로 적극적인 공격을 한다. 수정란이 부화하여 새끼들이 나올 때가 되면 수컷은 몸이 무척 마르고 색상이 퇴색된 상태로 산란장 주변에서 죽는다. 큰가시고기의 수정란은 어떻게 만들어졌을까?

사람을 비롯한 대부분의 생물은 살아 있는 동안 다양한 방법으로 자신과 닮은 자손을 만들어 생명을 이어간다. 새로운 자손을 만드는 것을 **생식**이라고 하는데, 생물은 생식을 통해 종족을 유지한다. 이 같은 생식은 생물만이 가진 특징 중의 하나이다.

단세포 생물이나 하등한 동식물 중에는 암수 구별이 없는 것이 많다. 이 생물들은 생식세포를 만들지 않고 새로운 자손을 만드는데, 이를 **무성 생식**이라고 한다. 그러나 암수가 구별되는 대부분의 생물은 생식세포 분열을 통해 유전자 구성이 다양한 생식세포를 만든다. 그리고 암수의 생식세포가 결합하여 새로운 자손을 만드는데, 이를 **유성 생식**이라고 한다.

스스로 해결하기

아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.

무성 생식은 모체의 일부가 분리되어 새로운 자손이 만들어지는 생식 방법으로서, 자손의 유전자 구성은 부모와 다르고 형질도 매우 다양하다.

### 무성 생식

무성 생식은 모체의 일부가 분리되어 새로운 자손이 만들어지는 과정이며, 이 과정에서 모체가 갖는 유전자가 아무런 변화 없이 그대로 자손에게 전달된다. 따라서 자손은 모체와 유전자 구성이 동일하다. 무성 생식에는 출아법, 분열법, 포자 생식, 영양 생식이 있다. 이러한 무성 생식은 많은 자손을 쉽게 퍼뜨릴 수 있는 장점이 있으나, 자손의 형질이 다양하지 않기 때문에 환경이 급격하게 변하면 생존에 매우 불리하여 멸종될 가능성이 있다.

효모는 단세포 생물로서 무성 생식을 통해 번식한다. 효모를 관찰하여 무성 생식이 어떻게 이루어지는지 살펴보자.

❶ 개구리밥_ 가을이 되면 모체에서 생긴 겨울눈이 물속에 가라앉아 있다가 봄에 물위로 떠서 무성 생식으로 번식한다.

184 Ⅲ. 생식과 발생

---

찾아보기

- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 라이프사이언스



### ❀ 무성 생식의 특징

무성 생식은 생식세포와는 관계없이 모체가 둘로 나뉘거나 출아 등으로 새로운 개체를 만드는 생식 방법으로서, 비교적 간단하고 시간이 짧게 걸린다. 하등 생물과 같이 성이 분화되지 않은 경우와 고등 식물이 영양 기관으로 번식하는 경우 무성 생식으로 번식을 한다.

무성 생식을 하는 생물은 자손의 모양이나 성질이 어버이와 동일하므로 유전적으로 종의 고유성을 가장 확실하게 유지할 수 있다. 또 단독 생활을 하는 동물이 교미 상대를 찾지 않고도 자손을 만들 수 있으며, 짧은 시간 동안 많은 수의 자손을 만들 수 있어서 서식지를 빠르게 점거하기에 적합하다.

이론적으로 무성 생식은 유전자를 온전히 물려주기 때문에 안정적이고 살기 좋은 환경에서 가장 유리하다. 그러나 형질이 유전적으로 다양하지 못하므로 환경의 변화에 적응하여 생존하는 데에는 유성 생식으로 번식하는 생물보다 불리하다.



❷ 출아법으로 번식하는 히드라

스스로 해결하기

아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.

무성 생식은 모체의 일부가 분리되어 새로운 자손이 만들어지는 생식 방법으로서, 자손의 유전자 구성은 부모와 다르고 형질도 매우 다양하다.

자손의 유전자 구성이 부모와 동일하고 형질이 다양하지 않다.



## 탐구 활동 효모의 출아 관찰

**목표**

효모의 출아를 관찰함으로써 무성 생식의 특징을 설명할 수 있다.

**준비물**

효모액, 0.5 % 메틸렌 블루 용액, 받침 유리, 덮개 유리, 현미경, 비커, 거름종이, 스포이트, 실험용 장갑

**유의점**

1. 효모액 준비: 건조 효모 1 g을 증류수 10 mL에 넣고, 약간의 포도당이나 설탕을 넣어 준다.
2. 효모액 대신 생막걸리를 증류수로 5~10배 희석하여 사용해도 된다.

### 과정



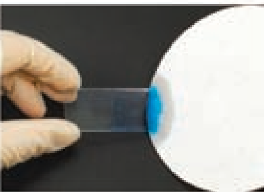

❶ 효모액을 약 30℃ 되는 곳에 10분 동안 놓아둔다.



❷ 받침 유리 위에 효모액을 스포이트로 한 방울 떨어뜨린다.



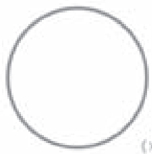

❸ 0.5 % 메틸렌 블루 용액을 한 방울 떨어뜨리고 덮개 유리를 덮는다.



❹ 거름종이로 여분의 용액을 흡수한 다음, 현미경으로 관찰한다.

### 결과

관찰한 효모를 그린 다음, 효모의 특징을 설명해 보자.



(× )

특징 :

### 해석 창의 · 인성

1 효모의 번식 방법에는 어떤 특징이 있는가?

2 모세포와 출아 결과로 만들어진 딸세포의 공통점과 차이점을 설명해 보자.

2. 생식과 사람의 발생 185

---

## 탐구 활동 관찰

### 목표

(1) 효모를 관찰하는 방법을 설명할 수 있다.

(2) 효모의 출아를 관찰하여 효모의 생식 방법을 설명할 수 있다.

### 원리 설명

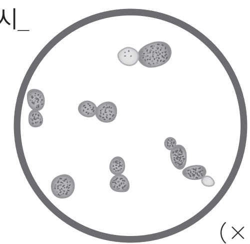
단세포 자낭균류인 효모는 출아를 통해 새로운 개체를 만든다. 0.5 % 메틸렌 블루 용액으로 염색하면 효모를 쉽게 관찰할 수 있다.

### 유의점

교사는 수업이 시작되기 전에 효모액을 만들어 따뜻한 곳에 10분 이상 둔다. 효모도 출아를 위한 시간이 필요하기 때문에 효모액을 만들자마자 관찰하면 출아를 관찰하기 어렵다.

### 결과

1 예시_



(×600)

특징_ 현미경으로 관찰해 보면 수많은 구형의 효모를 관찰할 수 있다. 이 중에서 작은 돌기가 튀어나온 효모도 관찰되는데, 이들이 출아 중인 효모들이다.

### 해석 창의 · 인성

1 자신의 몸에서 혹처럼 돌출된 부분이 생겨 그 부분이 떨어져 나와 새로운 개체로 발생한다. 효모의 출아는 체세포 분열 과정이다. 분열 전에 미리 유전 물질이 복제된 다음 출아가 일어나서 두 개의 세포로 된다.

2 모세포의 일부가 떨어져 나와 딸세포가 만들어졌으므로 두 세포는 유전적으로 동일하다. 출아된 딸세포는 모세포보다 크기가 작지만, 시간이 지나면서 크기가 커져 분열 능력을 갖게 된다.

---

**참고 자료** 불로장생의 꿈을 이룬 해파리

무성 생식을 하는 멍게, 불가사리, 히드라, 해파리 등은 적절한 조건이 주어지면 늙지도 죽지도 않을 수 있다. ‘투리토프시스 누트리쿨라(*Turritopsis nutricula*)’라는 해파리는 이론적으로 무한히 생명을 반복할 수 있다고 알려져 있다. 투리토프시스는 카리브 해 연안에 서식하는 5 mm 크기의 아주 작은 해파리이다. 보통 해파리들은 번식이 끝난 뒤에 죽는 반면, 투리토프시스는 번식이 끝난 후 다시 미성숙 상태인 폴립으로 돌아간다. 또한 투리토프시스는 도마뱀과 마찬가지로 이형 분화를 할 수 있는데, 꼬리나 다리처럼 신체의 일부가 아니라 몸 전체를 재생할 수 있다.

무성 생식을 하는 생물의 지속 가능한 삶은 텔로머레이스라는 특별한 효소 때문에 가능하다. 텔로머레이스는 염색체 끝부분에 있는 말단 소체인 텔로미어(telomere)를 보호하는 효소이다. 세포 분열이 반복되면서 텔로미어의 길이가 계속 짧아지면 세포가 더 이상 분열할 수 없는 때가 온다. 이것이 바로 노화이다. 그런데 해파리나 멍게, 불가사리, 히드라 등의 무성 생식을 하는 생물은 스스로 텔로머레이스를 활성화하여 노화를 억제하거나 방지한다.

## 과학 돋보기



### ❀ 무성 생식의 종류

(1) **출아법** 몸의 일부에서 혹 같은 눈이 생겨서 어느 정도 자라면 떨어져 나가 새로운 개체가 된다. 산호와 같이 새로운 개체가 어미 몸에 붙은 채로 사는 것도 있는데, 이러한 경우 군체를 이룬다. 예 효모, 히드라, 말미잘, 산호 등

(2) **분열법** 주로 단세포 생물의 번식 방법이다. 예 세균류(대장균, 젖산균 등), 원생동물(아메바, 짚신벌레, 유글레나, 종벌레 등), 조류(돌말, 반달말, 클로렐라 등)

(3) **포자 생식** 일부 하등 생물은 포자를 형성하고, 이 포자에서 싹이 터 새로운 개체로 자란다. 예 곰팡이류(푸른곰팡이, 누룩곰팡이, 빵곰팡이, 물곰팡이 등), 버섯류(표고버섯, 송이버섯, 동충하초 등)

(4) **영양 생식** 대부분의 식물은 유성 생식을 하지만, 영양 생식으로도 번식할 수 있다. 영양 생식이란 잎, 줄기, 뿌리의 영양 기관으로 자손을 번식시키는 방법이다. 그중에서도 줄기가 가장 많이 이용되고 있다.

① 꺾꽂이: 잎(베고니아), 줄기(국화, 개나리, 고구마, 사철나무 등)

② 접붙이기: 감나무, 사과나무 등 대부분의 과일나무, 장미, 모란 등

③ 포기 나누기: 작약, 국화, 난초, 딸기, 붓꽃, 석류나무 등

④ 기는 줄기: 딸기 등

⑤ 알뿌리: 다알리아, 붓꽃, 튤립, 수선화 등

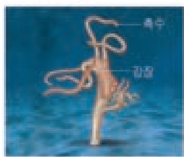


⊙ 수선화의 알뿌리

### 무성 생식의 종류

**출아법**

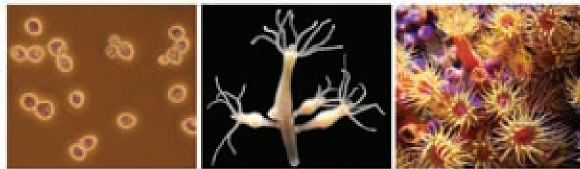
**강장동물**
주로 바다에 살며 말미잘, 히드라, 산호와 같이 고착 생활을 하는 것과 해파리와 같이 유영 생활을 하는 것이 있다. 몸 안쪽의 빈 공간을 강장이라고 한다.




히드라

효모는 혹처럼 돌출한 부분이 생기는데, 이 돌출된 부분이 떨어져 나와 새로운 효모로 발생한다. 효모 외에도 히드라나 말미잘과 같은 강장동물은 몸의 일부가 마치 싹처럼 돋아난 후 분리되어 새로운 개체로 자라는데, 이러한 번식 방법을 **출아법**이라고 한다.

효모는 술을 만드는 발효에 많이 이용되며, 막걸리나 포도 껍질 등에서도 관찰할 수 있다.



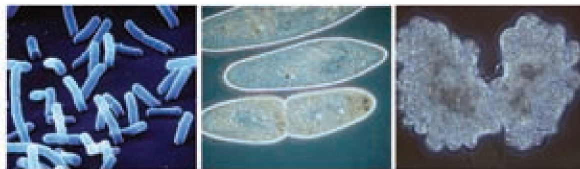
효모(×200) 히드라 말미잘

⊙ 출아법으로 번식하는 생물

**분열법**

**대장균의 분열 속도**
단세포 생물인 세균은 환경 조건과 영양소와 같은 외부 조건에 따라 분열 속도가 달라진다. 대장균의 경우 당과 무기 염류가 풍부하면 20분마다 한 번씩 분열한다. 그러나 외부 조건이 나빠지면 대장균의 분열 속도가 느려지거나 분열이 중지된다.

대장균과 같은 단세포 생물은 어느 정도 자라면 분열하여 두 개의 세포로 되며, 각 세포가 하나의 개체가 된다. 단세포 생물이 체세포 분열로 개체 수를 늘려 가는 생식 방법을 **분열법**이라고 한다. 대장균 외에 짚신벌레나 아메바와 같은 단세포 생물도 분열법으로 번식한다.



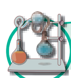
대장균(×8,000) 짚신벌레(×400) 아메바(×600)

⊙ 분열법으로 번식하는 생물

생각해 보기 분열법과 출아법의 차이는 무엇일까?

186 Ⅴ. 생식과 발생

## 학습 자료실



### ❀ 짚신벌레의 생식

논이나 연못 등의 민물에 사는 짚신벌레는 몸길이가 약 170～290 $\mu$m인 단세포 생물로서, 세포 내부에 대핵과 소핵이라 불리는 두 개의 핵을 가지는 것이 특징이다. 보통, 짚신벌레는 다른 단세포 생물처럼 이분법으로 번식한다. 즉, 대핵이 둘로 나누어지고 소핵이 복제된 후 세포 가운데부터 세포질이 나누어지며 두 마리의 짚신벌레로 갈라지는 것이다. 그런데 짚신벌레는 때에 따라서 접합으로 번식하기도 한다. 짚신벌레는 분열 능력이 떨어지면 두 개체가 붙게 되는데, 이를 접합이라고 한다. 짚신벌레가 접합하면 양쪽의 짚신벌레가 가진 대핵은 분해되어 사라지는 반면, 소핵은 접합 부위로 이동하여 서로 융합된다. 융합된 소핵은 다시 네 개로 분열한 다음 원래 있던 몸체로 두 개씩 돌아가는데, 이 두 개의 소핵 중 하나는 그대로 남고 나머지 하나는 여러 번 복제하여 대핵이 된다. 이렇게 새로운 핵을 가진 짚신벌레는 다시 이분법으로 번식할 수 있는 능력을 가지게 된다.



⊙ 짚신벌레의 접합

포자 생식

꽃이 피지 않는 고사리나 이끼 등은 씨앗을 만들지 못하는 대신 포자를 만들어 번식하는데, 이러한 생식 방법을 **포자 생식**이라고 한다. 포자는 공기나 토양, 물속 등에 널리 퍼져 있다가 온도, 양분, 수분 등의 생활 조건이 적당하면 싹이 터서 새로운 개체로 자라난다. 고사리나 이끼뿐만 아니라 곰팡이와 버섯도 포자 생식으로 번식한다.



고사리



검은빵곰팡이



방귀버섯

❶ 포자로 번식하는 생물

**곰팡이의 포자**

곰팡이는 균사(팡이실)로 살아가는데, 균사가 조금씩 뻗어 나가는 것은 곰팡이가 생장한다는 증거이다. 그런데 곰팡이가 살아가는 영역을 넓히는 더 효율적인 방법은 포자를 만들어 번식하는 것이다. 검은빵곰팡이, 푸른곰팡이 등 우리가 알고 있는 곰팡이의 색깔은 대체로 이들 포자의 색깔이다.



푸른곰팡이

영양 생식

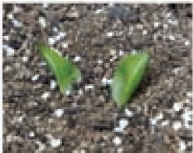
꽃이 피는 식물은 생식 기관인 꽃에서 씨앗을 만들어 번식하지만, 영양 기관인 잎, 줄기, 뿌리만으로도 번식하는 경우가 있다. 이와 같이 영양 기관의 일부가 모체에서 분리되어 새로운 개체로 자라는 생식 방법을 **영양 생식**이라고 한다.

딸기는 모체에서 뻗어 나온 줄기의 마디 부분이 땅에 닿으면 눈이 생겨 새로운 딸기로 번식한다. 대나무의 줄기는 땅 위와 땅속으로 뻗어 나가는데, 땅속의 줄기에서 새로 핀 싹이 죽순이다.

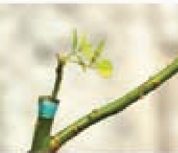
이처럼 영양 생식은 많은 식물에서 자연적으로 나타난다. 영양 생식은 모체가 가진 특성을 자손에게 그대로 물려줄 수 있어서 농업이나 원예 분야에서 좋은 품종을 대량 번식시키는 데에도 많이 이용되고 있다.



❷ 딸기의 기는 줄기



알로에의 잎꽂이



장미의 접붙이기



감자의 싹눈

❸ 식물의 여러 가지 영양 생식

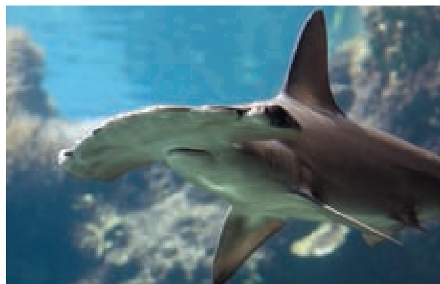
2. 생식과 사람의 발생 187

❀ 단위 생식(parthenogenesis)

수정을 하지 않고 한쪽 배우자가 단독으로 발생하여 새로운 개체로 발생하는 유성 생식의 일종이다. 단위 생식으로 생긴 알은 반수체이거나 또는 배수체가 될 수 있다. 단위 생식은 일부 벌이나 개미에서 볼 수 있다. 예를 들어 꿀벌에서는 미수정란이 단독으로 발생하면 모두 수컷이 되고, 수정란에서 발생하는 것은 모두 암컷이 된다. 척추동물 가운데 단위 생식은 1,000종 중 1종의 비율로 발견된다. 최근에 발견된 예로는 코모도왕도마뱀과 귀상어가 있다. 놀랍게도 두 종 모두 수컷과 격리된 암컷에서 단위 생식으로 자손이 만들어지는 것이 관찰되었다.



❷ 코모도왕도마뱀



❷ 귀상어

## | 관련 지식 |

❀ 접붙이기

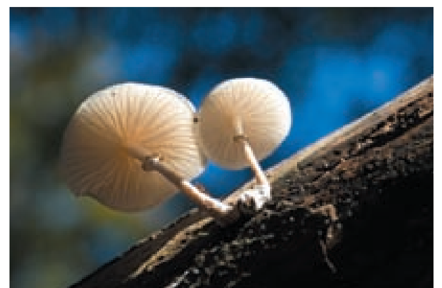
접붙이기는 서로 다른 두 나무의 일부를 자른 후 절단면을 따라 이어서 하나의 개체로 만드는 재배 기술로서, 영양 생식의 일종이다. 이 경우 일반적으로 하나는 뿌리를 남겨 영양분을 공급해 주는 바탕 나무가 되는데, 이런 나무를 대목이라고 한다. 그리고 대목에 이어진 나무를 접순 또는 수목이라고 한다. 접붙이기를 하면 접순과 같은 품종의 자손이 생긴다.



❷ 배나무 접붙이기

❀ 버섯

균류의 일종인 담자균류는 균사가 모여 버섯의 몸인 자실체가 된다. 이러한 자실체 끝에 생긴 갓 안쪽에는 많은 주름이 있으며, 그 사이에는 작은 방망이 모양의 담자병이 있다. 이 담자병에서 네 개의 담자포자가 만들어진다. 담자포자는 땅에 떨어져 적합한 환경이 되면 새로운 1차 균사체로 자라게 된다. 1차 균사체는 생장하다가 다른 1차 균사체와 결합하여 2차 균사체를 만든다. 이 균사체가 자라면서 많은 균사가 얽혀서 자실체를 만들어 버섯이 된다.



❷ 끈적긴뿌리버섯

❀ 세계에서 가장 큰 생물은?

놀랍게도 세계에서 가장 큰 생물은 뽕나무버섯속의 꿀버섯종인데, 이 버섯은 가로 500 m, 세로 800 m로서, 35 ha의 지역에 몸체를 펼치고 있으며, 일부만 노출되어 있고 대부분은 땅속에 있는 것으로 알려졌다.




❀ **식물의 생식 기관에 따른 분류**

(1) **양성화**　한 꽃 안에 암술과 수술이 모두 있는 꽃 예 복숭아, 민들레

(2) **단성화**　한 꽃 안에 암술 또는 수술만 있는 꽃 예 암수한그루(호박, 옥수수 등), 암수딴그루(은행나무, 시금치 등)

❀ **동물의 생식 기관에 따른 분류**

(1) **암수한몸**　달팽이, 지렁이, 거머리 등

(2) **암수딴몸**　대부분의 고등 동물

❀ **무성 생식과 유성 생식의 비교**

| 구분 | 무성 생식 | 유성 생식 |
|---|---|---|
| 생식세포의 결합 | 없다 | 있다 |
| 자손의 유전자 구성 | 모체와 동일 | 매우 다양 |
| 환경에 대한 적응력 | 약하다 | 강하다 |
| 번식률 | 높다 | 낮다 |

❀ **수분 매개체**

꽃가루는 곤충, 바람, 물, 새 등 여러 가지 매개체에 의해서 암술머리에 운반된다.

(1) **벌**　곤충 중에서도 가장 중요한 수분 매개체는 벌이다. 벌은 매우 긴 혀를 가지고 있어 꿀샘에 들어 있는 꿀을 먹을 수 있으며, 끈적끈적한 꽃가루는 벌의 몸에 난 털에 달라붙어 다른 꽃의 암술머리로 운반된다.

(2) **바람**　바람에 의해 수분이 이루어지는 식물들의 꽃가루는 대부분 가볍고 가루 형태로 되어 있어 상당히 멀리까지 날아갈 수 있지만, 암술머리에 도달하는 꽃가루는 암술머리 당 1～2개에 지나지 않는다.

(3) **새**　많은 종류의 새들이 꽃에서 만들어진 꿀과 꽃가루를 먹고 산다. 새에 의해 수분이 일어나는 꽃들은 수술의 수가 많고 길게 뻗어 나와 있어 새가 꿀을 먹을 때 쉽게 새의 몸에 달라붙는다.

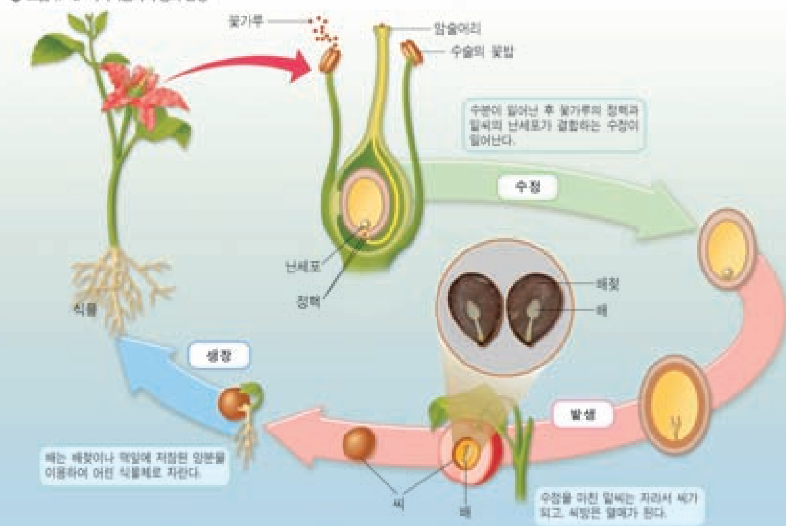
**유성 생식**

몸의 구조가 비교적 발달한 생물들은 암수 구분이 뚜렷하다. 이 생물들의 생식 기관에서는 생식세포 분열을 통해 생식세포가 만들어지는데, 암수의 생식세포는 뚜렷하게 구별된다. 유성 생식은 암수의 생식세포가 결합하여 자손을 만드는 생식 방법이다.

유성 생식을 하는 동물의 몸은 수많은 세포로 이루어져 있는데, 이들은 모두 수정란이라는 하나의 세포에서 생겨난 것이다. 수정란은 수컷의 정소에서 생성된 정자와 암컷의 난소에서 생성된 난자의 결합에 의해 만들어지는데, 체세포 분열을 통해 세포의 수를 늘린다. 이 세포들은 모양과 기능이 서로 다른 세포로 분화되어 생물을 구성하는 조직이나 기관을 형성하는데, 그중 일부는 생식 기관이 된다.

주변에서 볼 수 있는 속씨식물의 생식 기관은 꽃이다. 꽃에 있는 암술과 수술에서는 생식세포 분열이 일어나 각각 난세포와 꽃가루가 만들어진다. 꽃가루는 곤충이나 바람 등 다양한 매개체를 통해 암술로 이동한 다음 밑씨 속의 난세포와 수정된다. 수정 후 밑씨는 배와 배젖으로 이루어진 씨가 되고, 씨방 등은 열매로 발달한다. 씨는 적당한 조건이 되면 싹을 틔워 자라는데, 배는 어린 식물로 자라고 배젖은 배가 자랄 때 필요한 양분으로 이용된다.

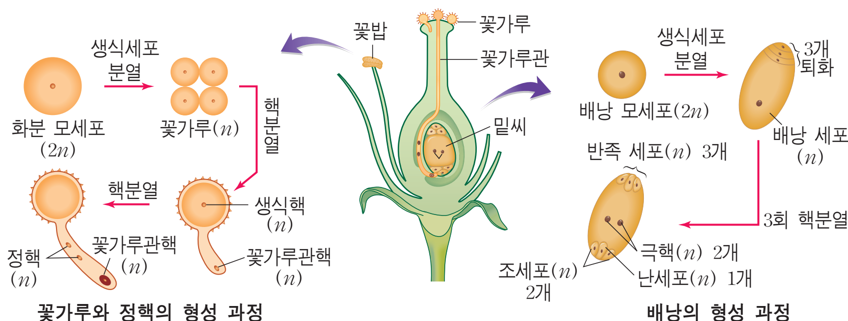
⊙ 그림 Ⅱ-8 속씨식물의 수정과 발생




188 Ⅱ. 생식과 발생




❀ **식물의 생식세포 형성**




⊙ 생식세포의 형성

(1) **꽃가루의 형성**　수술의 꽃밥에서 화분 모세포($2n$)의 생식세포 분열에 의해 네 개의 화분 세포($n$)가 만들어지고, 이들이 성숙하여 꽃가루(=화분)가 된다. 꽃가루가 암술머리에 수분되면 핵이 한 번 분열하여 꽃가루관핵($n$)과 생식핵($n$)이 되고, 생식핵은 다시 분열하여 두 개의 정핵($n$)이 된다. 꽃가루관핵은 밑씨까지 꽃가루관을 만든 후 퇴화된다.

무성 생식과 유성 생식 모두 다음 세대로 유전자가 전달되지만, 유전자가 전달되는 방식에서는 차이가 난다. 무성 생식은 암수의 생식세포가 결합하는 과정 없이 자신과 동일한 자손을 만들기 때문에 모체와 자손의 유전자 구성이 같다.

반면, 유성 생식은 부모 양쪽으로부터 유전자를 물려받기 때문에 자손은 부모와 유전자 구성이 다르며, 같은 부모에서 태어난 자손이라도 모두 다른 특징을 나타낸다. 이처럼 유성 생식은 다양한 형질을 가진 자손이 만들어질 수 있기 때문에 무성 생식보다 환경 변화에 적응하는 데 유리하다.

스스로 해결하기

유성 생식은 (        ) 분열을 통해 만들어진 암수의 생식세포가 결합하여 자손을 만드는 생식 방법으로서, (        ) 구성이 부모와 다르다.




그림 Ⅱ-9 무성 생식과 유성 생식의 차이점

**과학 자료실** 식물의 조직 배양

조직 배양이란 식물의 기관이나 조직 또는 세포를 분리하여 적당한 환경 조건과 무균 상태에서 배양한 다음, 완전한 기능을 갖는 식물체로 키우는 기술을 말한다. 예를 들어 식물 세포를 영양 물질이 포함된 배지에서 배양하면 세포 분열이 일어나 캘러스라는 세포 덩어리가 만들어진다. 그리고 이 캘러스를 여러 호르몬이 들어 있는 배지에 옮기면 뿌리나 줄기가 나오면서 새로운 식물체로 자란다.

조직 배양에 이용되는 부위는 잎, 줄기, 뿌리, 꽃가루 등 다양하다. 오늘날에는 조직 배양 기술로 난을 비롯하여 희귀한 식물을 대량으로 증식시키고 있다. 조직 배양의 가장 큰 장점은 유전적으로 똑같은 개체를 단기간에 대량으로 번식시킬 수 있다는 것이다.

캘러스

조직 배양

**자기 주도 학습**

개념 확인하기

농업에서 감자를 재배할 때나 원예 작물을 재배할 때 영양 생식을 이용하는 이유를 설명해 보자.

과학과 생활 연관 짓기

유성 생식을 통해 만들어진 자손은 부모와 형질이 다르며, 형제 사이에서도 형질이 다르다. 이러한 차이가 나타나는 이유를 생식세포 분열과 수정 과정을 통해 설명해 보자.



**참고 자료** 동성 짝짓기 진균

감염성의 진균인 크립토코커스 네오포르만스의 경우 동성 짝짓기 현상이 일어난다. 크립토코커스 네오포르만스의 동성 교배 과정은 무성 생식과 유성 생식의 장점을 모두 가지고 있다. 즉, 세포 분열 방식으로 빠르게 증식하면서도 유성 생식을 통해 유전적 다양성을 가지는 것도 가능하다.

## 관련 지식

### ❀ 식물 조직 배양의 특성

식물 조직 배양은 식물이 하나의 세포 또는 식물 조직의 일부분으로부터 완전한 식물체를 재생하는 능력을 이용하여 식물의 세포, 조직, 기관, 배, 종자 및 식물체의 일부를 영양소가 첨가된 배지에서 키우는 것을 말한다. 초기의 조직 배양은 번식이 주요 목적이었으나, 이후 많은 발전이 이루어져 지금은 다양한 분야에 이용되고 있다.

스스로 해결하기

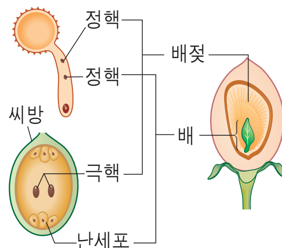
유성 생식은 ( 생식세포 ) 분열을 통해 만들어진 암수의 생식세포가 결합하여 자손을 만드는 생식 방법으로서, ( 유전자 ) 구성이 부모와 다르다.

(2) **배낭의 형성** 꽃이 피기 전 씨방의 밑씨 속에는 배낭 모세포($2n$)가 들어 있는데, 이것이 생식세포 분열을 하여 네 개의 배낭 세포($n$)가 만들어진다. 그중 세 개는 퇴화되고, 나머지 한 개의 핵이 세포질 분열 없이 3회 핵분열을 하여 8개의 핵을 갖는 배낭이 된다. 8개의 핵 중 한 개는 난세포로 성숙하여 아래쪽에 자리 잡으며, 나머지는 조세포 두 개, 극핵 두 개, 반족 세포 세 개로 된다. 난세포와 극핵은 각각 정핵과 수정하여 배와 배젖이 되고, 조세포와 반족 세포는 퇴화된다.

### ❀ 식물의 중복 수정

배낭까지 도달한 두 개의 정핵 중 하나는 난세포와 결합하여 수정란($2n$)이 된 후 배($2n$)로 발생하고, 다른 하나는 두 개의 극핵과 결합하여 배젖($3n$)이 된다. 이와 같이 속씨식물에서는 두 개의 정핵이 각각 난세포 및 극핵과 결합하는 수정이 동시에 일어나는데, 이를 중복 수정이라고 한다.

- 정핵($n$)+난세포($n$) ⟶ 배($2n$): 어린 식물이 될 부분
- 정핵($n$)+2개의 극핵($n$) ⟶ 배젖($3n$): 양분 공급




속씨식물의 중복 수정

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

영양 생식은 모체가 가진 특성을 그대로 자손에게 물려줄 수 있어서 좋은 품종을 대량 번식시키는 데 이용한다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

생식세포 분열 과정은 상동 염색체가 나누어지면서 다양한 생식세포가 만들어진다. 이처럼 다양한 암수의 생식세포가 수정하게 되므로 자손의 형질은 부모와 다르며, 형제 사이에서도 차이가 생긴다.

# 2-2 사람의 생식 기관

## | 학습 내용 안내 |

(1) 남자와 여자의 생식 기관의 구조를 기능과 관련지어 설명할 수 있으며, 여자의 생식 주기가 갖는 특징을 안다.

(2) 정자와 난자의 구조 및 특징을 수정과 연관지어 이해한다.

## | 학습 전개 |

사람의 경우 유성 생식을 통해 새로운 자손이 만들어지기 위해서는 먼저 정소나 난소에서 생식세포가 만들어져야 한다는 사실을 생각하게 한다.



남자의 생식 기관을 살펴보고, 각 기관에서 어떤 일이 일어나는지 간략하게 설명하게 한다. 이어서 여자의 생식 기관의 구조와 각 기관의 기능을 생식 주기와 관련지어 설명하게 한다.



정자와 난자의 구조 및 특징을 수정과 관련지어 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스
- 헤르트비히가 들려주는 성과 사랑 이야기(2011), 이흥우 저, 자음과 모음

## | 관련 지식 |

### ❀ 정소의 온도와 정자 생성

정소를 싸고 있는 음낭은 체외로 노출되어 있고, 표면에 주름이 많아 열을 쉽게 방출할 수 있으므로 정소는 항상 체온보다 낮은 온도를 유지한다. 이것은 정자가 체온보다 약 2℃ 낮은 온도에서 가장 잘 생성되기 때문이다.

Ⅱ. 생식과 발생

# 2-2 사람의 생식 기관



**학습 목표**

- 남자와 여자의 생식 기관을 설명할 수 있다.
- 여자의 생식 주기가 조절되는 과정을 설명할 수 있다.
- 정자와 난자의 구조를 설명할 수 있다.



남녀의 생식 기관은 태어날 때 이미 만들어져 있지만 사춘기 이전까지는 완전하게 성숙되어 있지 않다. 그러나 사춘기가 되면 성호르몬이 분비되어 남녀의 신체가 두드러지게 변화하는 2차 성징이 나타난다. 특히 이 시기에는 남녀의 생식 기관이 발달하여 정자와 난자 같은 생식세포를 만들 수 있게 된다.

다른 동물과 마찬가지로 사람도 정자와 난자의 수정을 통해 자손을 만든다. 우리 몸의 어디에서, 그리고 어떤 과정으로 정자와 난자가 만들어질까?

### 남자의 생식 기관

남자의 생식 기관은 정소, 부정소, 수정관, 정낭, 전립샘 등으로 이루어져 있다. 정소는 음낭에 싸여 밖으로 나와 있으며, 정자와 남성 호르몬을 만든다.

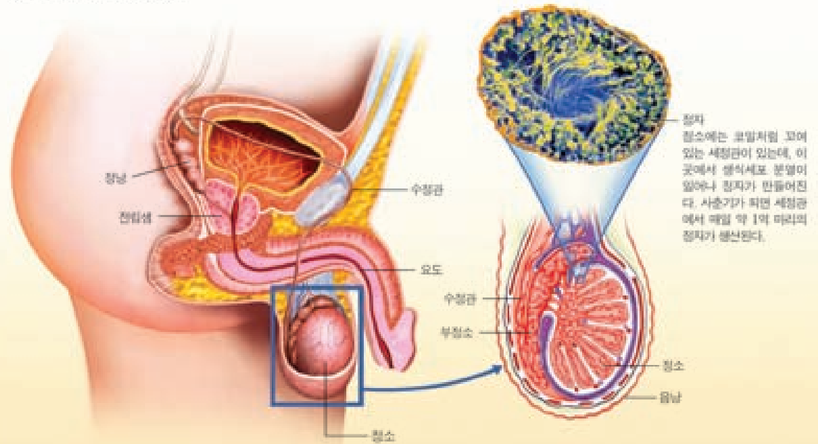



그림 Ⅱ-10 남자의 생식 기관






**과학 돋보기**

### ❀ 남자의 생식 기관

(1) **정소** 음낭 안에 좌우 한 쌍이 들어 있으며, 길이는 약 4 cm이고 달걀 모양이다. 정소 안에는 세정관이라고 하는 가느다란 관이 코일처럼 돌돌 감기고 꼬여 있는데, 세정관의 내벽에서 정자가 형성되며, 세정관은 부정소와 연결된다. 또한 정소는 정자 형성 외에도 남성의 2차 성징을 나타내는 남성 호르몬인 테스토스테론을 분비한다.

(2) **부정소** 정소에서 만들어진 정자는 부정소로 이동하여 임시로 저장되며, 정자는 이곳에서 운동 능력을 갖추게 된다. 부정소에서 나온 정자는 수정관을 통해 외부로 나가게 된다.

(3) **수정관** 부정소와 요도를 연결하는 관으로서, 정자가 이동하는 통로이다.

(4) **전립샘** 우윳빛 염기성 액체를 분비하며, 질 내부의 산성을 중화시켜 정자를 보호한다. 또한 정자에 영양분을 공급하고, 아연 성분이 있어 세균 감염을 방지하는 역할을 한다.

(5) **정낭** 정자의 활동에 필요한 영양분을 분비한다.

(6) **쿠퍼샘** 투명한 점액성 물질을 분비한다.

정소에서 만들어진 정자는 부정소에서 성숙하면서 운동 능력을 갖게 되고, 수정관을 따라 이동할 때 정낭과 전립샘에서 분비되는 물질과 요도에서 합쳐져 정액을 형성한다. 수정관은 요도와 연결되므로 정액은 수정관을 지나 요도를 통해 몸 밖으로 나온다.

**참고** 정액의 성분
정액의 5 %만이 정자이며, 나머지 95 %는 정낭과 전립샘 등의 부속샘에서 분비된 물질이다.

## 여자의 생식 기관

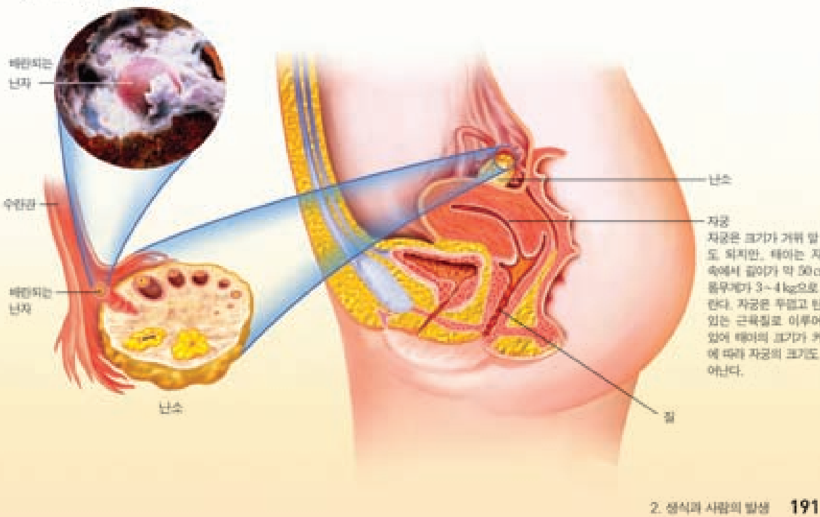
여자의 생식 기관은 난소, 수란관, 자궁, 질 등으로 구성되어 있다. 난소에서는 난자와 여성 호르몬을 만든다. 사춘기 이후 약 28일을 주기로 양쪽 난소는 번갈아 가며 한 개의 난자를 성숙시켜 배출하는데, 이를 **배란**이라고 한다. 배란된 난자는 수란관에서 정자를 만나 수정이 이루어진다.

수정란은 수란관을 따라 이동하여 자궁에서 태아로 자란다. 질은 몸 밖으로 연결되기 때문에 자궁으로 정자가 들어오고 태아가 모체의 몸 바깥으로 나가는 통로가 된다.

**스스로 해결하기**
성숙한 난자가 난소에서 배출되는 것을 (        )(이)라고 한다.

**잠깐 체크** 우리 몸에서 정자와 난자가 생성되는 곳은 각각 어디인가?

그림 Ⅳ-11 여자의 생식 기관




2. 생식과 사람의 발생 191




### ❀ 정자와 난자의 이동 경로

(1) **정자** 정소에서 생성 → 부정소에 저장되고 성숙 → 수정관을 통해 이동 → 정낭, 전립샘, 쿠퍼샘에서 정액 성분 분비 → 요도를 통해 사정

(2) **난자** 난자가 난소에서 성숙하여 방출됨(배란) → 수란관으로 이동하여 수란관 상단부에서 정자와 만나 수정 → 수정란은 세포 분열을 하며 자궁으로 이동 → 포배 단계의 배아는 자궁 내막에 착상하여 발생이 이루어짐

### ❀ 1차 성징과 2차 성징

태아의 성은 수정되는 순간 정자가 가진 성 염색체에 의해 결정되지만, 생식 기관은 생식소에서 분비되는 성호르몬의 영향을 받아 발달한다. 임신 7주 무렵 태아의 생식 기관이 발달하는데, 생식소에서 남성 호르몬이 분비되면 남성의 생식 기관이 발달하고, 남성 호르몬이 부족하면 여성의 생식 기관이 발달한다. 이것을 1차 성징이라고 한다. 출생 후부터 어린아이 시기에는 남녀 사이에 성호르몬의 차이가 거의 없다. 그러나 사춘기가 되면 생식 기관이 발달하면서 남성 호르몬 또는 여성 호르몬의 분비가 왕성해진다. 이에 따라 남자는 근육과 어깨가 발달하고 수염이 나며 목소리가 굵어진다. 반면, 여자는 가슴과 엉덩이가 발달하여 여성다운 몸의 형태를 갖게 되는데, 이것을 2차 성징이라고 한다.

### ❀ 여자의 생식 기관

난자를 형성하고 여성 호르몬을 분비할 뿐만 아니라 수정란의 착상과 발생이 이루어진다. 태아에게 영양분을 공급하고 분만을 담당하므로, 여성의 생식 기관은 남성에 비해 구조가 복잡하다.

(1) **난소** 몸의 좌우에 하나씩 있으며, 길이 2.5 cm 정도의 달걀 모양이다. 약 28일을 주기로 양쪽 난소에서 교대로 한 개의 난자가 형성되어 배란된다. 또한 난소는 여성의 생식 주기를 조절하며, 2차 성징을 나타내는 여성 호르몬인 에스트로겐을 분비한다.

(2) **수란관** 수정란을 자궁으로 운반하는 기관이다. 수란관에서 난자의 이동은 수란관 근육의 수축과 섬모 운동 및 분비물의 이동에 의해서 일어난다. 수란관의 끝은 나팔 모양으로 벌어져 있어 나팔관이라고 부른다.

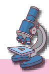
(3) **자궁** 두꺼운 근육층으로 되어 있으며, 수정란이 착상하여 태아로 발달하고 생장하는 장소이다. 자궁 내막은 일정한 주기를 두고 수정란의 착상에 대비하여 내벽의 세포가 분열하고 혈관이 발달하여 두꺼워졌다가 임신이 되지 않으면 파열하여 질을 통해 배출되는 과정을 되풀이한다.

(4) **질** 자궁과 외부를 연결하는 통로로서, 길이 9 cm 정도의 관이다. 질은 정자를 받아들이고 아기를 출산할 때 통로 역할을 하며, 월경 시 질을 통해 혈액이 배출된다.

**스스로 해결하기**
성숙한 난자가 난소에서 배출되는 것을 ( 배란 )(이)라고 한다.

**잠깐 체크**
정자는 정소에서 생성되고, 난자는 난소에서 생성된다.

## 과학 돋보기



### ❀ 여성의 생식 주기와 각 시기에 분비되는 호르몬

(1) **여포기** 여포는 난자를 싸고 있는 주머니인 동시에 호르몬을 분비하는 내분비샘으로서, 사춘기가 되면 호르몬의 자극에 의해 여포와 난자가 성숙하기 시작한다. 에스트로겐(여포 호르몬)에 의해 여성의 2차 성징이 나타나며, 자궁 내막을 두껍게 발달시켜 수정란이 착상할 수 있도록 한다.

① 여포 자극 호르몬(FSH): 여포의 생장을 촉진한다. 여포 속의 제1 난모 세포는 제 2 난모 세포로 되면서 난자가 성숙한다.

② 에스트로겐: 여포 자극 호르몬의 분비를 억제하고 황체 형성 호르몬의 분비를 촉진한다. 자궁 내막을 두껍게 발달시키며, 여성의 2차 성징이 나타나게 한다.

(2) **배란기** 여포가 터지면서 난자가 배란되어 수란관으로 들어간다.

- 황체 형성 호르몬(LH): 성숙한 난자의 배란을 촉진하여, 황체를 형성시킨다. 황체 형성 호르몬은 여포에서 에스트로겐의 분비량이 급증하면서 분비된다.

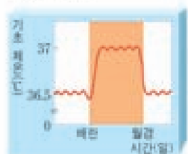
(3) **황체기** 배란 후 여포는 황체로 변하며, 황체에서 분비되는 호르몬도 자궁 내막을 두껍게 유지하는 기능을 한다.

- 프로게스테론: FSH와 LH의 분비를 억제하여 새로운 여포의 성숙과 배란을 막는다. 자궁 내막을 두껍게 유지시키고, 기초 체온을 상승시키며, 임신을 유지시킨다.

(4) **월경기**

착상이 일어나지 않으면 황체는 급격히 퇴화하여 프로게스테론의 분비량이 감소하고, 두꺼워진 자궁 내막은 필요 없게 되어 떨어져 나간다. 이때 모세 혈관이 터지면서 출혈이 일어나는데, 이를 월경이라고 한다. 월경 기간은 보통 4~5일 정도이다. 황체에서 분비되는 호르몬의 양이 줄어들면 또 다른 여포가 성숙하기 시작하여 새로운 생식 주기가 시작된다.

**참고** 여성의 기초 체온 변화
잠에서 깨어나 활동을 하기 전에 누운 채로 측정한 체온을 기초 체온이라고 한다.

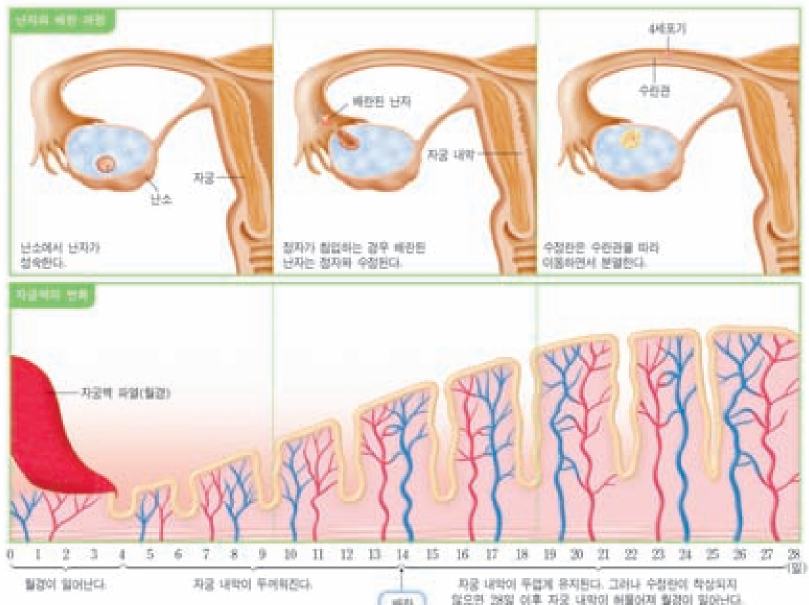



여자의 몸에서 난자가 성숙되어 배란이 일어날 무렵에는 태아가 자라게 될 자궁벽도 두꺼워져야 한다. 난자의 성숙과 자궁 내막의 발달은 호르몬의 영향을 받아 이루어진다. 이때 배란된 난자가 정자와 수정되지 않으면 두꺼워진 자궁 내막은 허물어져 혈액과 함께 질을 통해 몸 밖으로 배출되는데, 이러한 현상을 **월경**이라고 한다.

여자의 몸에서는 배란과 월경이 주기적으로 일어나는데, 이러한 주기적인 변화를 **생식 주기**라고 한다. 보통 여성의 생식 주기는 28일이지만, 개인에 따라 조금씩 차이가 있다. 또한 배란이 되면 기초 체온이 올라갔다가 월경이 시작되면 다시 내려간다.

청소년기의 여학생은 충분한 영양 섭취를 통해 정상 체중을 유지해야 생식 주기가 정상적으로 조절된다. 그런데 무리하게 식사량을 줄이거나 과도한 스트레스를 받게 되면 호르몬 분비의 이상으로 월경 불순 등을 초래할 수 있다.

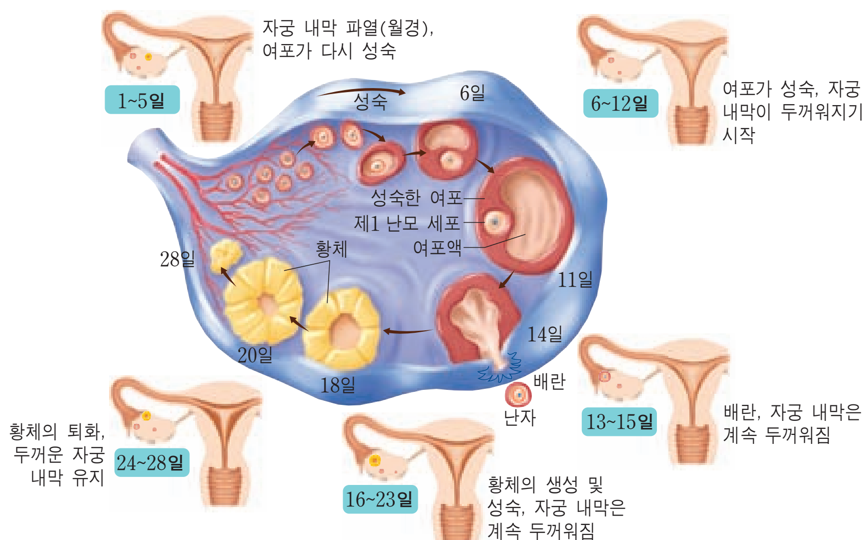
❶ 그림 Ⅱ-12 생식 주기에 따른 배란 과정과 자궁 내막의 변화




192 Ⅱ. 생식과 발생

## 학습 자료실

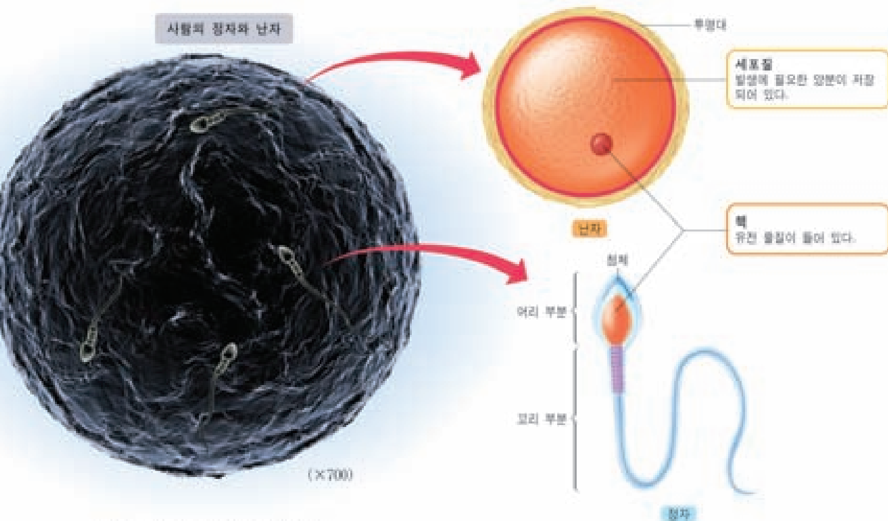
### ❀ 여성의 생식 주기 동안의 난소와 자궁의 변화



## 정자와 난자의 구조

정자는 머리와 꼬리 부분으로 이루어져 있으며, 꼬리에 의해 스스로 움직일 수 있다. 머리에는 유전 물질이 들어 있는 핵이 존재하며, 핵 앞쪽에는 첨체가 있다. 첨체에 들어 있는 물질들을 정자가 난자 속으로 들어갈 수 있게 도와준다. 꼬리는 정자의 운동을 담당하는 기관으로, 꼬리 윗부분에는 정자가 운동하는 데 필요한 에너지를 만드는 미토콘드리아가 들어 있다.

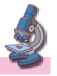
난자는 수정 후 발생 과정에 필요한 각종 양분을 세포질에 포함하고 있기 때문에 정자보다 1,000배 이상 크다. 그러나 난자는 정자와는 달리 운동 기관이 없어 스스로 움직일 수 없다.




❸ 그림 Ⅳ-13 정자와 난자의 구조와 기능

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| | ❶ 정자가 운동 능력을 갖추게 되는 곳은 어디인가?<br>❷ 정자에 비해 난자가 큰 이유는 무엇인가? | 초경은 여자가 처음 시작하는 월경을 말하며, 매년 10월 20일은 대한 산부인과 의사회에서 제정한 '초경의 날'이다. 초경의 날을 제정한 의의와 그 중요성에 대하여 조사해 보자. |

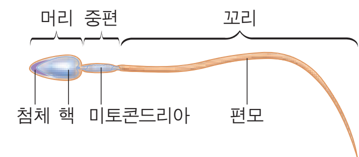


### ❀ 정자의 구조

(1) **머리 부분**　핵과 첨체로 구성된다. 핵의 염색체 수는 23개이며, 첨체에는 난자의 외막을 녹이는 효소가 들어 있어 정자가 난자 속으로 들어갈 수 있도록 한다.

(2) **꼬리 부분**　중편과 꼬리로 이루어져 있다. 중편에는 세포 호흡을 통해 정자가 운동하는 데 필요한 에너지를 생산하는 미토콘드리아가 있어 정자의 운동에 필요한 에너지를 공급한다. 꼬리는 편모로 되어 있으며, 정자의 운동 기관이다.



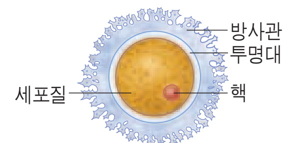

❸ 정자의 구조

### ❀ 난자의 구조

(1) **핵**　유전 물질이 들어 있으며, 염색체 수는 23개이다.

(2) **세포질**　세포질에는 수정 후 어린 배아의 세포 분열과 발생에 필요한 영양분인 난황이 많이 함유되어 있다.

(3) **외막**　투명대와 방사관으로 이루어져 있으며, 난자를 보호한다. 투명대는 난자를 둘러싼 점액성의 투명한 막이며, 방사관은 여포의 세포들로 구성되어 있다.




❸ 난자의 구조

### ❀ 사람의 초기 발생과 난황

정자와 난자의 수정으로 형성된 수정란은 발생을 시작하면서 자궁으로 이동하여 자궁 내막에 착상한다. 태반이 형성되면 모체로부터 발생에 필요한 물질을 공급받을 수 있지만, 태반이 형성되기 전에는 초기 발생에 필요한 에너지를 난자에 저장된 영양분인 난황에서 얻는다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 부정소_ 정소의 세정관에서 만들어진 정자는 부정소로 이동하여 저장되는데, 이곳에서 운동 능력을 갖추고 성숙한다.

❷ 난자의 세포질에는 수정 후 어린 배아의 세포 분열과 발생에 필요한 양분이 많이 포함되어 있기 때문이다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

초경의 날은 여성으로 성장해 나가는 데 가장 중요한 과정인 '초경'의 의미와 중요성을 알리고 사회적 인식을 개선하고자 대한 산부인과 의사회에서 보건 복지부, 여성 가족부, 교육 과학 기술부의 후원으로 2010년에 처음으로 제정하여 선포한 기념일이다.

대한 산부인과 의사회에서는 초경 현상을 건강하고 자연스러운 성장 과정의 한 부분으로 이해하도록 교육하며, 이를 통해 청소년들에게 건전하고 올바른 성 가치관을 심어 주고, 여성 건강의 소중함을 알리기 위한 것이라고 밝혔다.

# 2-3 사람의 발생

## 학습 내용 안내

(1) 정자와 난자가 수정하고 난할을 하면서 이동하여 자궁 내막에 착상하기까지의 임신 과정을 안다.

(2) 태아의 발생 과정과 발생에 필요한 각종 물질 교환이 어떻게 이루어지는지 안다.

(3) 출산 과정을 살펴보고, 출산의 중요성을 안다.

## 학습 전개

자신의 이상형과 가족 계획에 대하여 발표하는 시간을 갖는다.

↓

수정과 임신이 이루어지는 과정을 설명하게 한다.

↓

수정란의 발생 과정이 어떻게 진행되는지를 설명하게 한다.

↓

모체와 태아의 물질 교환에서 산모가 조심해야 할 부분을 설명하게 한다.

**찾아보기**


- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스
- 발생 생물학 9판(2011), Scott F. Gilbert 저, 강해묵 역, 라이프사이언스


**잠깐 체크**

수관관_ 배란된 난자는 수란관 상단부에서 정자와 만나 수정이 이루어진다.

---

II. 생식과 발생

# 2-3 사람의 발생

**학습 목표**

- 정자와 난자의 수정 과정을 설명할 수 있다.
- 수정란이 태아로 발생하는 과정을 설명할 수 있다.
- 출산 과정을 이해하고 생명의 소중함을 깨우칠 수 있다.

성인이 되면 배우자를 찾아 가정을 꾸리게 된다. 그리고 부부의 사랑은 새로운 생명이라는 결실을 맺는다.

새 생명은 모체의 자궁 속에서 어떤 과정을 거쳐 만들어지는 것일까?

### 수정과 임신

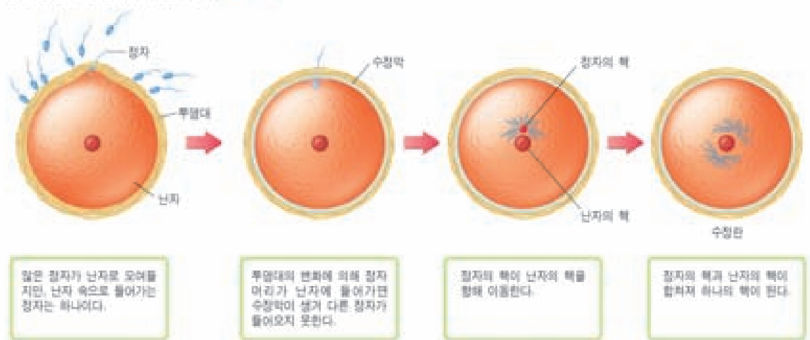
수정은 정자와 난자가 서로 만나서 새로운 생명이 탄생하는 첫 단계이다. 난소에서 배란된 난자는 수란관으로 들어오고, 여성의 질 속으로 들어온 정자는 자궁을 거쳐 **수란관 상단부**까지 이동한다. 그리고 배란된 난자가 있을 경우 수정이 이루어진다.

수많은 정자들이 난자가 있는 곳까지 도달하지만, 오직 하나의 정자만 난자와 수정할 수 있다. 그 이유는 하나의 정자가 난자에 수정되면 난자의 세포질 표면에 있는 효소가 방출되어 난자의 투명대 성분을 변화시켜 수정막이 형성되는데, 이 수정막이 다른 정자가 들어오지 못하도록 막아주기 때문이다. 이처럼 난자 속으로 들어온 정자의 핵과 난자의 핵이 합쳐져 부모와 같은 염색체 수를 가진 **수정란**이 만들어진다.

**참고** 정자의 머나먼 여행
정자는 여자의 몸 안으로 들어온 후 수란관 상단부까지 18~20 cm를 이동하는데, 사람으로 비유했을 때 정자가 이동하는 거리는 5~6 km에 이른다.

**잠깐 체크** 정자가 난자와 만나 수정이 일어나는 곳은 어디인가?

그림 II-14 정자와 난자의 수정 과정




194 II. 생식과 발생

---

## 과학 돋보기

### 사람의 수정

난소에서 배란된 난자는 수란관 상단부에서 정자와 만나 수정이 이루어진다.

(1) **정자의 접근**　여성의 질을 통해 들어온 정자는 편모 운동으로 이동하여 수란관 상단부에서 난자(제2 난모 세포)와 만난다.

(2) **정자의 침입**　정자의 머리가 난자의 막에 닿으면 첨체에서 효소가 분비되어 난자의 투명대를 녹이고 들어간다. 난자의 세포막과 정자의 세포막이 융합하면서 정자의 핵이 난자 속으로 들어간다.

(3) **투명대 반응**　하나의 정자가 난자 속으로 들어가면 투명대의 성질이 변하는 피층 반응이 일어나 수정막이 형성된다. 한 개의 난자에 여러 개의 정자가 침입하여 다수정이 이루어지면 정상적인 발생이 이루어지지 못한다. 따라서 수정막은 다른 정자들이 침입하는 다수정을 방지해 준다.

(4) **핵의 융합**　난자 속으로 들어간 정자의 핵($n$)이 난자의 핵($n$)과 융합하여 부모와 같은 수의 염색체를 가진 수정란($2n$)이 형성된다.

수정란이 하나의 개체로 발달하는 과정을 **발생**이라고 한다. 수정란은 수란관을 따라 자궁으로 이동하면서 빠르게 세포 분열을 거듭하는데, 이를 **난할**이라고 한다. 난할 결과 만들어진 세포들을 **할구**라고 하며, 각각의 할구가 갖는 염색체 수는 수정란의 염색체 수와 같다. 그러나 할구는 생장하는 시기가 없이 계속해서 분열하므로 난할이 거듭될수록 할구의 크기는 작아진다.

수정란이 자궁에 도달할 무렵이면 세포 덩어리는 속이 빈 공 모양의 포배로 발달하여 자궁의 안쪽 벽에 파묻히는데, 이를 **착상**이라고 한다. 착상은 수정 후 5~7일 무렵에 일어나며, 착상이 일어난 이후를 **임신**이라고 한다. 수정란이 착상되면 매우 빠른 속도로 세포 분열을 하면서 신체를 구성하는 여러 조직과 기관을 만들기 시작한다. 이처럼 발생 과정을 통해 세포 수가 증가하고, 세포가 다양한 종류로 분화하여 여러 종류의 기관이 만들어진다.

생각 해보기 사람의 경우 착상이 일어날 때 각 할구가 갖는 염색체 수는 몇 개인가?

임신 진단 기구



임신 초기에 여자의 태반에서 특정 호르몬이 분비되는데, 이 호르몬의 일부가 소변을 통해 배설된다. 이때 임신 진단 기구로 소변을 검사하면 임신 여부를 알 수 있다.

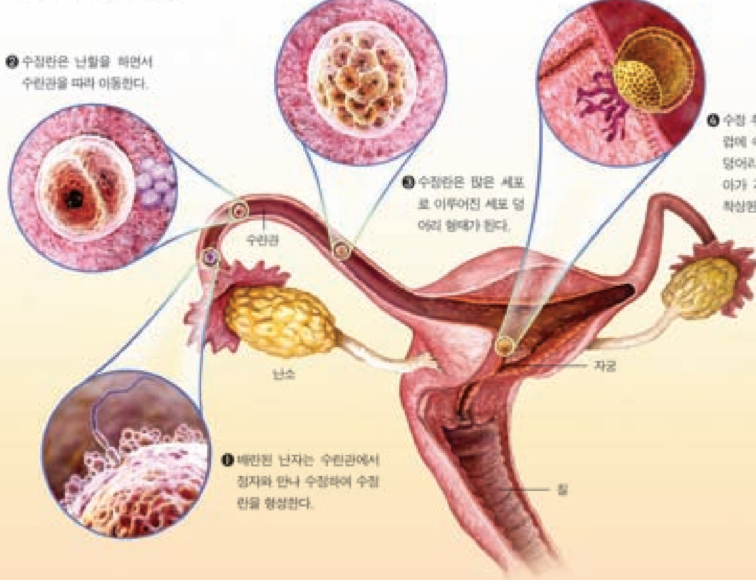


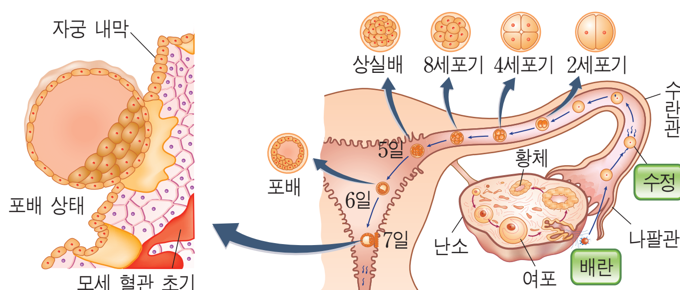

그림 Ⅱ-15 수정란의 착상 과정



## ❀ 수정란의 난할과 착상

(1) **난할** 수정란의 초기 체세포 분열을 난할이라고 한다. 난할은 체세포 분열의 일종이기 때문에 핵 속의 유전자량과 염색체 수는 변함이 없다($2n \rightarrow 2n$). 그러나 세포가 생장하는 시기가 없이 계속해서 분열이 일어나므로 난할이 거듭될수록 각 세포(할구)의 크기는 작아진다. 수정란은 계속 난할을 하면서 수란관의 섬모 운동에 의해 자궁 쪽으로 이동한다.

(2) **착상** 수정란은 난할을 계속하면서 자궁 쪽으로 이동하다가 5~7일이 지나 포배 상태가 되면 두꺼워진 자궁 내막에 파묻혀 달라붙는데, 이것을 착상이라고 한다.




난할과 착상 과정

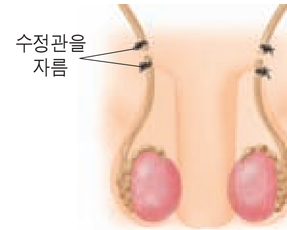



## ❀ 피임법

원하지 않는 임신을 예방하기 위한 여러 가지 방법을 말한다.

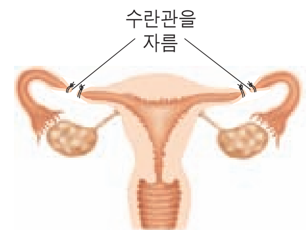
(1) **영구적인 방법**

① **정관 수술**: 수정관을 절단하여 정자의 배출을 막는 방법으로서, 정액 속에 정자가 들어 있지 않게 된다.




정관 수술

② **난관 수술**: 수란관을 절단하여 정자와 난자가 만나는 것을 막는 방법으로서, 난자의 성숙과 배란은 정상적으로 일어난다.




난관 수술

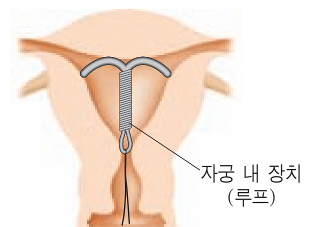
(2) **일시적인 방법**

① **월경 주기법**: 배란일 전후의 임신 가능 기간을 피한다.

② **피임약**: 합성 프로게스테론과 에스트로겐 성분으로서, 난자의 성숙과 배란을 억제한다.

③ **콘돔/페미돔**: 음경이나 자궁 경부에 덮어씌워 정자와 난자가 만나는 것을 막는다.

④ **자궁 내 장치(루프)**: 수정란이 자궁 내막에 착상하는 것을 막는 장치이며, 월경 과다, 생리통 등의 부작용이 있을 수 있다.




자궁 내 장치

## 과학 돋보기 

### ❀ 사람의 임신 기간

임신 기간은 수정일로부터 약 266일이며, 크게 3단계로 구분할 수 있다.

(1) **수정~임신 3개월** 수정과 착상이 이루어지고 태반이 형성되며, 태아의 주요 기관이 형성된다. 이 시기 동안 배아는 방사선과 약물, 모체에 감염된 바이러스 등에 의해 기형이 일어날 확률이 매우 높다. 임신 8주의 배아는 몸무게가 10 g이 채 되지 않는다.

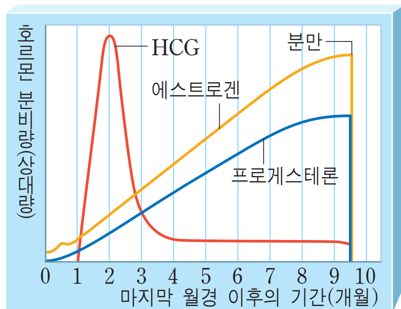
(2) **임신 4개월~6개월** 태아는 급속도로 생장하며, 팔과 다리가 길어지고 손가락과 발가락 및 얼굴의 모습이 갖추어진다. 이 시기의 초기에 태동이 느껴지기 시작하고, 임신 6개월에 이르면 태아가 자신의 엄지손가락을 빨 수 있게 된다.

(3) **임신 7개월~9개월** 태아의 생장이 매우 빨라져서 내장 기관들이 성숙하여 소화관이 기능하기 시작하고, 콩팥은 오줌을 만들고 뇌는 수면 상태와 깨어 있는 상태를 주기적으로 반복한다.

### ❀ 임신 기간 동안 호르몬의 변화

(1) **임신 3개월 이전** 태반에서 인간 융모성 생식샘 자극 호르몬(HCG)이 분비되어 황체가 퇴화되는 것을 막는다. 이에 따라 황체에서 프로게스테론과 에스트로겐이 계속 분비되어 임신이 유지된다.

(2) **임신 3개월 이후** HCG 분비량이 줄어들어 황체가 퇴화되고, 태반에서 스스로 프로게스테론과 에스트로겐을 분비하여 임신을 유지시킨다.




❷ 임신 기간 중 호르몬의 변화

임신 증상

임신을 하면 호르몬에 의해 여러 가지 신체 변화가 나타난다.
- 월경이 일어나지 않는다.
- 난소에서 난자의 성숙과 배란이 일어나지 않는다.
- 기초 체온이 약 0.5℃ 상승한다.
- 쉽게 피곤해지고, 소변이 자주 마렵다.
- 유방이 단단해지거나 입덧이 나타날 수 있다.

**태아의 발생**

정자와 난자가 수정된 후 2주가 지나면 중추 신경이 형성되기 시작하고, 3주가 지나면 심장이 형성되기 시작한다. 외부 생식기는 7주가 지나면서 형성되기 시작하는데, 다른 기관에 비해 형성되는 시기가 늦다.

수정 후 8주까지의 세포 덩어리를 **배아**라고 하며, 수정 후 9주부터는 아직 완벽하지는 않지만 사람의 모습을 갖추고 있기 때문에 **태아**라고 부른다. 배아기에 형성된 여러 기관들은 태아기에 계속 성장하면서 기능을 갖게 된다.

수정 후 14주가 되면 손가락과 발가락의 형태도 갖추게 된다. 또한 이 시기에는 외부 생식기가 발달하여 성별 구분이 가능해진다. 수정 후 20주가 되면 태아는 작은 사람의 모습으로 되지만, 아직 뇌와 폐의 기능은 완성되지 않은 상태이다. 태아기 동안 각 기관들은 기능을 갖기 시작하며, 기관계를 형성하고 빠르게 생장한다.

❶ 그림 Ⅱ-16 태아의 발생 과정




196 Ⅱ. 생식과 발생

## 학습 자료실

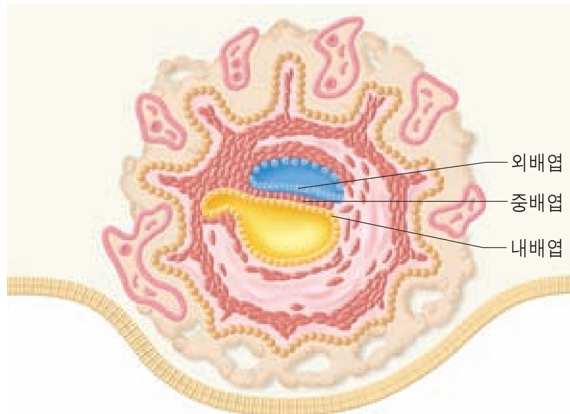
### ❀ 배아의 각 배엽으로부터 형성되는 기관과 구조들

발생을 시작한 지 5~7일 사이에 수정란이 자궁 내막에 착상되는데, 발생이 진행되면서 외배엽, 내배엽, 중배엽이 형성된다. 각 배엽으로부터 기관이 분화되어 개체로 발생하게 된다.

(1) **외배엽** 신경계, 감각계, 표피, 털, 손발톱, 표피 분비샘, 치아 에나멜, 부신 속질, 눈의 각막과 수정체

(2) **중배엽** 순환계, 림프계, 배설계, 뼈, 근육, 혈구, 피부의 진피, 생식 기관 및 결합 조직, 부신 겉질

(3) **내배엽** 소화계, 호흡계, 요도, 방광, 간, 이자, 갑상샘, 부갑상샘




❷ 낭배 형성 과정을 통해 만들어진 3배엽층 배아

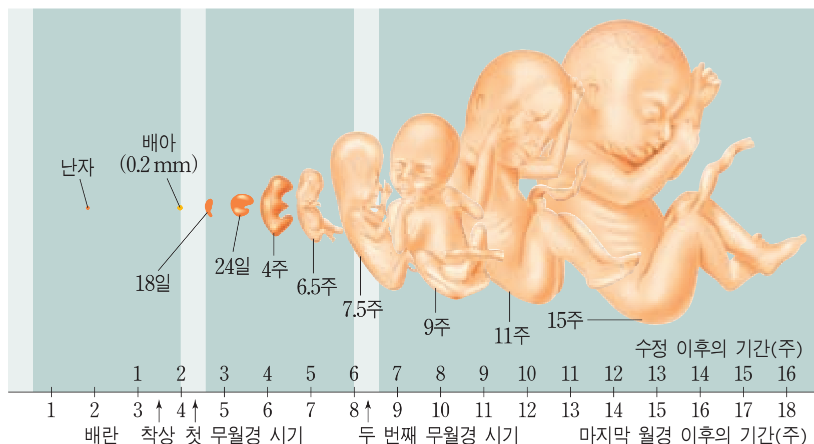






❀ **발생 단계에 따른 배아(태아)의 상대적인 크기**

배아(태아)의 크기는 발생 기간 동안 급격하게 변한다. 초기에는 머리가 상대적으로 매우 크지만, 발생이 진행되면서 상대적으로 작아진다.




▲ 발생 단계에 따른 배아(태아)의 크기

**참고 자료** 불임과 인공 수정

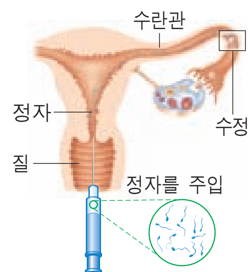
(1) 불임의 원인

① 남성: 정액 속에 정자가 없거나 수가 적음, 정자의 운동성 부족 등

② 여성: 나팔관이나 수란관이 막힘, 자궁의 구조적 이상 등

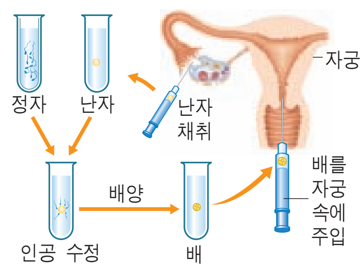
(2) 인공 수정

① 체내 인공 수정: 건강한 정자를 골라 여성의 배란 시기에 맞추어 자궁에 넣어 주는 방법이다.




▲ 체내 인공 수정

② 체외 인공 수정(시험관 아기): 정자와 난자를 시험관에서 수정시킨 후 초기 발생을 유도하여 자궁 내막에 착상시키는 방법이다.




▲ 체외 인공 수정

**관련 지식**

❀ **태아의 성별 판별**

태아의 성별은 수정하는 순간 정자가 가진 성염색체에 의해 결정되며, 발생 과정에서는 초음파를 통해 외부 생식 기관의 관찰이 가능하다. 외부 생식 기관은 태아의 기관 중 가장 늦게 발달하기 시작하므로 초음파를 이용한 태아의 성별 판별은 임신 14주부터 가능하다.



## 학습 자료실

### ❀ 태아에게 나쁜 영향을 끼치는 요인

(1) 약물 복용

① 감기약: 시판되는 감기약 중 키니네라는 성분이 들어 있는 것이 있는데, 이 성분은 자궁 수축을 촉진시키거나 기형을 일으킬 수 있다.

② 피임약: 심장 기형, 중추 신경계 기형 등 여러 형태의 기형이 나올 수 있다. 특히 임신 초기에 계속 사용하면 태아가 여아인 경우 외음부가 남성 성기와 비슷한 형태로 태어날 수 있다.

③ 항생제: 의사의 지시 없이 일부 항생제를 남용하면 태아가 사망할 수도 있으며, 신생아가 벙어리가 되거나 태아의 치아가 영구적으로 변색되는 경우가 생긴다.

④ 신경 안정제: 발육 부진이나 태아의 기형을 유발할 수 있다.

(2) 술 알코올은 전혀 걸러지지 않은 상태로 태아에게 전달되므로 임신부가 조금씩이라도 매일 술을 마신다면 태아의 뇌 속에 알코올이 축적되어 태아의 두뇌 발달에 심각한 영향을 미치게 된다. 특히 주의해야 할 시기는 임신 초기부터 중기까지이지만, 임신 기간에는 알코올을 금하는 것이 좋다.

(3) 흡연 흡연은 태아의 정상적인 발육을 방해한다. 특히 담배에 포함된 니코틴과 일산화 탄소는 말초 혈관을 수축시켜 태반에 흘러들어 가는 혈액량을 적게 만든다. 또한 태반을 통해 태아의 뇌로 들어간 니코틴은 뇌의 호흡을 관장하는 부분의 발달을 저해시켜 갓 태어난 아기에게 호흡 장애를 일으킨다.

**잠깐 체크**

중추 신경계_ 수정된 후 2주가 지나면 중추 신경계가 형성되기 시작한다.




태반을 통한 물질 교환 태반에는 모체의 혈액이 가득 차 있으며, 이곳에 태아의 혈관이 퍼져 있다. 태아의 혈관과 모체의 혈액 사이에는 확산 현상에 의해 물질 교환이 일어난다. 그러나 태아와 모체의 혈관은 서로 연결되어 있지 않아 태아와 모체의 혈액이 직접 섞이는 일은 없다.

**태아와 모체의 물질 교환**

태아가 정상적으로 발생하기 위해서는 모체로부터 영양소와 산소 등 여러 가지 물질을 공급받아야 한다. 물질 교환을 하기 위해 수정란이 자궁에 착상되면 태아와 모체를 연결하는 **태반**이 형성되는데, 이 태반을 통해 태아와 모체 사이에 물질 교환이 일어난다.

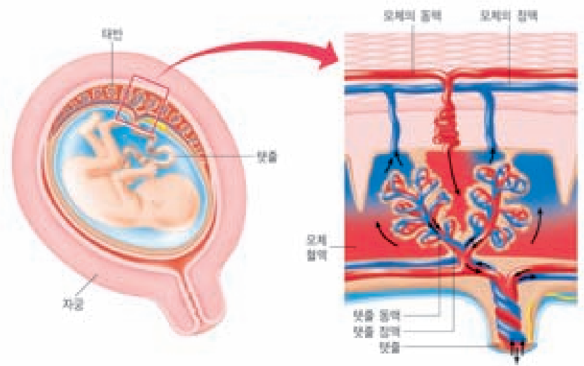



그림 Ⅱ-17 태아와 모체 사이의 물질 교환

태아로부터 길게 뻗어 나온 **탯줄**은 태반에 연결되어 있다. 탯줄을 흐르는 태아의 혈액이 태반을 지나면서 물질 교환이 일어난다. 모체가 섭취한 양분과 산소는 탯줄을 통해 태아에게 전달되고, 태아의 몸에서 생긴 노폐물과 이산화 탄소는 탯줄을 통해 모체로 전달된다. 출산 후에는 탯줄을 제거하는데, 탯줄을 자르고 난 뒤 남은 부위는 점점 말라 7~10일이 지나면 저절로 떨어져 배꼽으로 남게 된다.

태아는 태반을 통해 생명 활동에 필요한 물질뿐만 아니라 해로운 물질도 받을 수 있다. 즉, 임신부가 음주나 흡연, 약물 복용을 할 경우 기형아가 태어나거나 태아에게 심각한 피해를 줄 수 있다. 따라서 임신 중에는 술과 담배를 금하고, 의약품도 의사의 처방에 따라 꼭 필요할 때에만 복용해야 한다.

잠깐 체크 태아의 발생 과정에서 가장 먼저 형성되기 시작하는 기관은 무엇인가?

198 Ⅱ. 생식과 발생

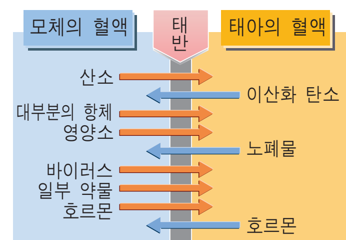
## 과학 돋보기

### ❀ 태반의 형성

포배 상태의 수정란이 자궁 내막에 착상하면 배아와 모체 사이에 혈관이 발달하고 배아 조직의 일부와 모체의 자궁 내막이 결합하여 태반을 형성한다. 배아의 혈관은 태반 조직으로 들어가 손가락과 같이 뻗어 표면적을 넓히고, 모체의 혈액은 이 주변 공간으로 흘러들어 가 태아와 모체 사이에 확산에 의한 물질 교환이 일어난다.

### ❀ 모체가 태아에게 미치는 영향

태아가 임신 기간 동안 모체 내에서 정상적으로 자라기 위해서는 모체의 신체적, 정서적 안정이 매우 중요하다. 태아는 태반을 통해 모체로부터 산소와 영양소를 공급받기 때문에 임신부에게는 균형 잡힌 영양 섭취가 중요하며 적당한 운동도 필요하다. 임신 기간 중에 흡연, 음주, 약물을 남용하는 것은 태아의 발육에 이상을 초래하고 기형을 유발할 수 있으므로 피해야 한다.



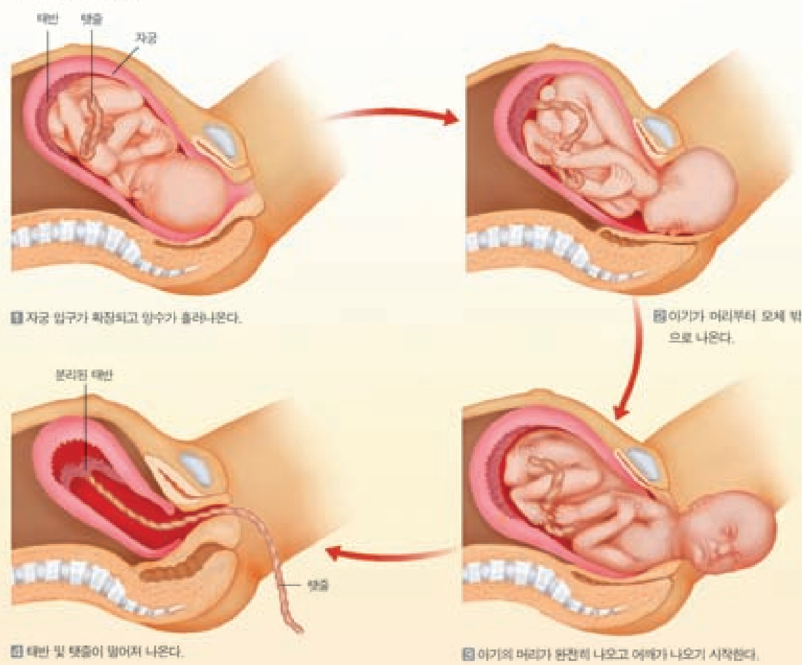

❷ 태반을 통한 물질의 이동

**출산**

태아는 모체로부터 필요한 물질을 공급받으며 발생하다가 수정 후 약 266일이 지나면 몸 밖으로 나오게 되는데, 이 과정을 **출산**이라고 한다. 출산이 시작되면 먼저 모체의 양막이 터지면서 양수가 흘러나오고 자궁 입구가 늘어난다. 이어서 태아는 머리부터 질을 통해 모체 밖으로 빠져나온다. 태아가 나온 후 태반의 일부와 탯줄이 모체 밖으로 빠져나오면 출산이 끝난다.

**제대혈**
제대혈(=탯줄피)은 분만 후 모체와 태아를 연결하는 탯줄에서 채취한 혈액을 말한다. 제대혈에는 조혈 모세포 등 줄기세포가 들어 있기 때문에 각종 난치병 치료에 이용할 수 있다.

그림 Ⅳ-18 출산 과정




**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**
태아의 중추 신경과 심장 그리고 팔다리가 만들어지는 시기는 각각 언제인가?

**생활 속 문제 해결하기**
흔히 임신의 첫 번째 징후로 입덧을 꼽는다. 입덧이 나타나기 전에 임신을 확인할 수 있는 방법에는 무엇이 있을까?

2. 생식과 사람의 발생 199




## 과학 돋보기

### ❀ 진통

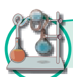
진통은 태아가 양막을 압박하여 양막이 터지면서 질로부터 약간의 피와 점액이 나오고, 매 20분마다 아랫배에 가벼운 수축을 느끼면서 시작된다. 진통 시작 후 24시간 안에 태아가 태어나지 않으면 감염이 될 수 있다. 일반적으로 가진통은 한 시간에 1～2회 정도이며, 하루에도 몇 차례 일어난다. 반면, 진통은 지속적이며, 약 10～15분 간격으로 시작하다가 점차 간격이 짧아진다.

### ❀ 출산 3단계

(1) **1단계** 자궁이 수축하여 진통이 시작되면 자궁 경부가 확장되고 아기의 머리가 자궁 경부로 들어간다. 이때 진통 간격이 짧아지면서 양막이 터지고, 양수가 질을 통해 흘러나온다.

(2) **2단계** 자궁이 수축될 때마다 모체가 힘을 쓰게 되면 복부 근육과 자궁 수축력에 의해 아기는 머리부터 질을 통과하여 태어나게 된다. 이때 탯줄을 묶어 잘라 냄으로써 아기가 모체로부터 분리된다.

(3) **3단계** 자궁 속에 남아 있던 태반과 탯줄이 밖으로 배출되는 후산이 일어난다.



## 학습 자료실

### ❀ 분만 예정일 계산

임신 기간은 수정일로부터 266일이지만 정확한 수정 날짜를 알 수 없으므로 분만 예정일은 임신하기 전의 마지막 월경 시작일로부터 배란이 일어나기까지의 14일을 더하여 280일째로 계산한다. 분만 예정일은 편의상 9개월 6일로 계산하는데, 마지막 월경이 있었던 달 수에 9를 더하고 마지막 월경 시작일에 6을 더하여 계산한다. 예를 들어 어떤 임신부가 9월 20일에 마지막 월경이 있었고 임신을 했다면, 이 여성의 분만 예정일은 월: 9+9=18, 일: 20+6=26이다. 따라서 분만 예정일은 이듬해 6월 26일이다.

### ❀ 분만과 호르몬 분비

(1) **옥시토신** 뇌하수체 후엽에서 분비되는 자궁 수축 호르몬으로서, 자궁 근육을 수축시켜 분만을 촉진한다.

(2) **프로락틴** 뇌하수체 전엽에서 분비되는 젖 분비 자극 호르몬으로서, 분만 후 여러 날 이내에 모체에서 젖이 나오게 한다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

중추 신경은 수정된 후 2주가 지나면 형성되기 시작하고, 심장은 3주가 지나서 형성되기 시작하며, 팔다리는 4주가 지나서 형성되기 시작한다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

- 규칙적으로 월경을 하다가 갑자기 월경을 하지 않는다면 임신을 생각해 볼 수 있다.
- 임신 초기에는 소변이 자주 마렵고, 소변을 보고 난 후에도 시원하지 않다.
- 임신 진단 기구를 사용하여 아침 첫 소변으로 검사를 해 본다.

## 보충·심화

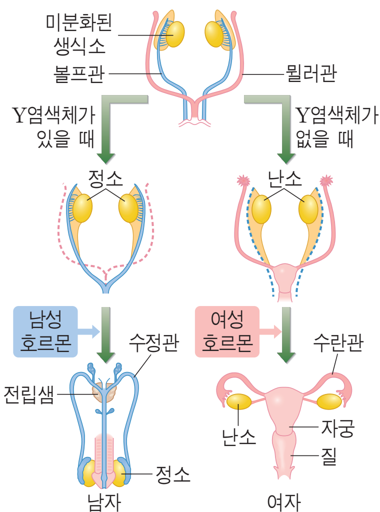
### ❀ 사람의 성 결정

(1) **1차 성 결정**  태아의 성염색체에 Y 염색체가 존재하는 경우 미분화 생식소는 정소로 발달하고, Y염색체가 없는 경우 미분화 생식소는 난소로 발달한다.

(2) **2차 성 결정**

① **남자:** 남성 호르몬인 테스토스테론이 분비되면 뮐러관은 퇴화하고 볼프관이 남자의 생식 기관으로 발달한다.

② **여자:** 여성 호르몬인 에스트로겐이 분비되면 볼프관은 퇴화하고 뮐러관이 여자의 생식 기관으로 발달한다.




❸ 사람의 성 결정 과정

### ❀ 숫자로 알아보는 생식

정자와 난자가 만나는 횟수를 100 %라고 가정할 때 수정, 착상, 배아의 생존 등의 확률은 다음과 같다.

(1) **수정될 확률**  80 %

(2) **착상될 확률**  70 %

(3) **1주일 동안 생존할 확률**  40 %

(4) **6주까지 발생할 확률**  35 %

(5) **세상에 태어날 확률**  30 %

**물음** 정소, 부정소, 수정관, 음경 등의 남성 생식 기관이 제대로 만들어지지 않을 것이다.

보충·심화

창의·인성 활동

# 남자와 여자는 어떻게 결정되는 것일까?

부부가 아이를 갖게 되면 뱃속에 든 아이가 아들인지 딸인지 궁금해한다. 그런데 태아의 발생 과정에서 외부 생식기는 수정 후 7주가 지나서 형성되기 시작하며, 초음파를 통한 성별 구분은 14주 이후에나 가능하다. 도대체 엄마 뱃속에 든 태아의 성은 어떻게 결정되는 것일까?

태아의 성이 결정되는 과정은 크게 두 단계에 걸쳐 이루어진다. 1차 성 결정은 정소와 난소 같은 생식소가 결정되는 것을 말하며, 2차 성 결정은 생식소를 제외한 몸의 안쪽 및 바깥쪽에 생식 기관이 만들어지는 것을 말한다.

1차 성 결정은 유전자에 의해 결정된다. 정자는 X염색체를 가진 것과 Y염색체를 가진 것이 만들어지지만, 난자는 X염색체를 가진 한 종류만 만들어진다. 따라서 생식소는 정자와 난자가 수정될 때 난자가 어떤 성염색체를 가진 정자와 결합하는가에 따라 결정된다. 분화되지 않은 생식소는 태아의 성염색체 구성이 XX이면 난소로 발달하고, 성염색체 구성이 XY이면 정소로 발달한다.

2차 성 결정은 생식소에서 분비되는 호르몬에 의해 이루어진다. 에스트로젠이라는 여성 호르몬이 분비되면 자궁, 수란관, 질 등의 여성 생식 기관이 만들어진다. 반면, 테스토스테론이라는 남성 호르몬이 분비되면 부정소, 수정관, 음경 등의 남성 생식 기관이 만들어진다.




**물음** 성염색체 구성이 XY인 태아가 발생할 때 남성 호르몬이 제대로 분비되지 않으면 어떻게 될까?

200 Ⅱ. 생식과 발생

**참고 자료** 형제 자매 사이의 터울

출산 후 피임을 소홀히 하다가 임신이 되어 연년생을 낳는 사례가 예전보다 더 많아졌다고 한다. 그러나 연세가 많은 부모님이나 조부모님의 형제자매의 연세를 비교해 보면 2~3살 터울이 대부분이다. 지금과 같이 여러 가지 피임법이 잘 알려지지 않은 옛날에는 어떻게 피임을 하였을까?

일반적으로 출산 후에는 태아를 모유로 키운다. 출산 후 여러 날 이내에 나오는 초유에는 아기를 질병으로부터 보호할 수 있는 항체나 여러 가지 영양소가 많이 들어 있어서 아기가 건강하게 자라는 데 중요한 역할을 한다.

이렇게 산모가 아기에게 젖을 먹이게 되면 뇌하수체에서 프로락틴이라는 호르몬이 분비된다. 프로락틴은 모유 분비를 촉진하는 기능뿐만 아니라 뇌하수체에 작용하여 여포 자극 호르몬이나 황체 형성 호르몬의 분비를 억제하는 작용을 하여 배란이 이루어지지 못하게 하는 기능도 한다. 그러므로 모유를 먹이는 기간 동안에는 임신이 되기 어렵다. 따라서 모유를 먹이는 경우에는 특별한 피임 방법을 쓰지 않아도 자연적으로 터울이 생기는 것이다.

STEAM 융합

# 탈리도마이드의 비극

1960년대에 세계를 놀라게 한 사건이 발생하였다. 그것은 탈리도마이드라는 약을 복용한 임신부의 상당수가 팔과 다리에 이상이 있는 기형아를 출산한 것이다. 탈리도마이드는 신경 안정제로서, 임신부의 심한 입덧을 완화하는 데 탁월한 효과가 있어서 당시에 인기가 많았다.

탈리도마이드의 부작용으로 전 세계적으로 1만여 명 이상의 기형아가 태어났는데, 특히 유럽에서만 8천 명 정도 되었다. 탈리도마이드에 의한 기형 중 가장 많은 유형은 팔과 다리가 짧거나 아예 없는 것이었다. 어떤 여성은 탈리도마이드를 한 알만 복용했을 뿐인 데도 팔다리가 기형인 아기를 출산하였다.

이 사건이 일어난 원인은 약품에 대한 허술한 안전성 시험 때문이었는데, 가장 큰 원인은 신경계의 손상에 대한 부작용을 무시한 채 판매한 것이다. 기업이나 정부에서 부작용에 대하여 조금만 유의했더라면 1만여 명의 기형아는 태어나지 않았을 것이다.

그 후 탈리도마이드는 임신 초기에만 기형 유발원으로 작용한다는 것이 밝혀졌다. 이 기간은 일반적으로 입덧이 심한 시기이며, 팔과 다리를 비롯한 태아의 주요 기관이 형성되는 시기이기도 하다.

이 사건을 계기로 사람의 발생 단계 중 배아 시기는 각종 화학 물질에 가장 취약한 단계라는 것을 알게 되었다. 따라서 임신부는 일상적인 의약품일지라도 의사의 지시에 따라 매우 신중하게 복용해야 한다.



❶ 탈리도마이드에 의한 선천성 기형아





**+참고 자료** 기형 발생

동물의 발생은 다양하고 복잡한 유전자 발현과 세포 활동이 요구되는 과정이다. 발생 과정에서 정상적인 유전자나 세포 활동을 저해하는 어떤 요인이 나타나면 발생은 정지되거나 또는 발생이 진행된다고 하더라도 극히 비정상적으로 이루어져 기형아가 태어난다. 이렇게 기형아가 태어날 확률은 전체 출생아에서 약 5 %라고 보고된 적이 있는데, 기형을 유발하는 요인은 유전적 요인과 환경적 요인으로 나눌 수 있다.

유전적 요인의 예로는 pax－6 유전자의 결함으로 인한 무홍채증이나 21번 염색체가 3개일 경우 나타나는 다운 증후군이 있으며, 초기 유산의 상당 부분은 염색체 이상과 관련이 있다. 기형을 유발하는 환경적 요인에는 바이러스나 화학 물질, 방사선 등이 있다.

발생 단계 전 기간과 모든 기관이 기형 유발원에 민감한 것은 아니다. 발생 단계 중 기형 유발원에 특히 민감한 시점이 있고, 각 기관마다 민감한 시기가 있다. 심장은 수정 후 3～4주에, 외부 생식 기관은 8～9주에, 뇌는 3주부터 출생 직전까지 기형 유발원에 민감하다. 대부분의 기관은 수정 후 15～60일 사이에 기형 유발원의 노출에 취약한데, 이 시기에 기관이 형성되기 때문이다.

## 융합 STEAM

### ❀ 탈리도마이드

부작용이 적은 우수한 진정 수면제로 알려짐으로써 1960년부터 1962년 중반까지 독일을 포함한 유럽에서 많이 사용되었다. 특히 정신이 불안정하기 쉽고 잠을 잘 이루지 못하는 임신 초기의 임신부들이 입덧을 예방하기 위해 복용하는 경우가 많았다. 그러나 이로 인해 수많은 기형아가 태어났고, 1962년 이후에는 약국에서 판매되지 않았다.

### ❀ 기형 유발원으로서의 화학 물질

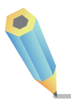
(1) **키니네**  청력 상실
(2) **알코올**  정신 박약
(3) **유기 수은 화합물**  중추 신경계와 시각 신경의 발달을 저해하여 미나마타병 유발
(4) **카드뮴, 납**  신경계 발달을 저해하여 이타이이타이병 유발
(5) **스컹크 양배추**  임신한 암양이 섭취하는 경우 외눈인 새끼 양을 출산

### ❀ 화학 물질 이외의 기형 유발원

(1) **임신부의 풍진 감염**  백내장, 심장 기형 또는 청각 장애 유발
(2) **거대 세포 바이러스**  시각 및 청각 장애, 뇌성 마비 및 정신 박약
(3) **매독균**  발생 초기에 태아의 사망 초래, 선천적인 청각 장애 유발
(4) **방사선**  염색체와 DNA 구조 파괴
(5) **임신 중의 고열**  기형 유발

### ❀ 미확인 기형 유발원

(1) 선천성 심장 이상 신생아는 200명 중 1명꼴로 태어나며, 유전적 원인에 의한 경우가 8 %, 기형 유발원에 의한 경우가 2 %이다. 나머지 90 %는 설명할 수 없는 원인이 대부분이다.
(2) 인공 화학 물질의 개발과 환경오염의 급증으로 인한 기형아 출생률이 증가하고 있다.



# 대단원 마무리

Ⅳ. 생식과 발생

## 개념 정리하기

### 빈칸 채우기

㉠ 무성 생식
㉡ 체세포 분열
㉢ 유성 생식
㉣ 생식세포 분열

### 적합한 용어 골라 쓰기

❶ 체세포 분열
❷ 생식세포 분열
❸ 염색체
❹ 2가 염색체
[해설] 감수 1분열에서 상동 염색체가 결합한 것이 2가 염색체이다.
❺ 무성 생식
❻ 유성 생식
❼ 수정
❽ 영양 생식
[해설] 영양 생식은 식물의 영양 기관으로 자손을 번식시키는 방법이다.
❾ 배란
❿ 월경
⓫ 난할
⓬ 착상
⓭ 배아
[해설] 수정 후 8주까지의 세포 덩어리를 배아라 하고, 대부분의 기관이 형성된 9주부터를 태아라고 한다.
⓮ 태반
[해설] 태아는 태반을 통해 모체의 양분과 산소를 받고, 노폐물과 이산화 탄소를 내보내는 물질 교환을 한다.
⓯ 출산

### 용어 설명

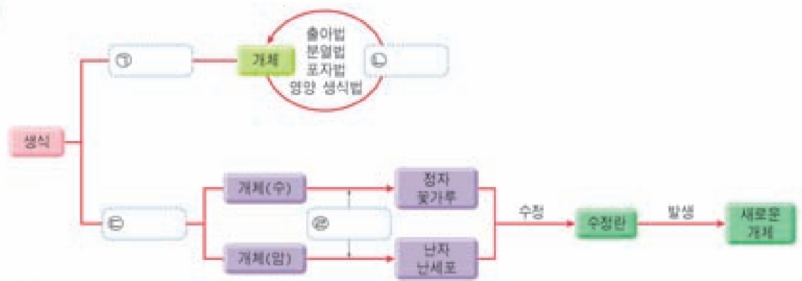
**배아** 접합체가 한 번 이상 세포 분열을 하기 시작한 시기부터 하나의 완전한 개체가 되기 전까지의 발생 초기 단계이다.

**태반** 배아 조직의 일부와 모체의 자궁 내막이 융합되어 만들어진 것으로서, 태아와 모체 사이의 물질 교환을 담당한다.

대단원 마무리

Ⅳ. 생식과 발생

개념 정리하기

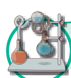



■ 다음 물음에 적합한 용어를 〈보기〉에서 골라 쓰시오.

보기
난할 출산 염색체 영양 생식 착상 배란 무성 생식 2가 염색체
월경 배아 유성 생식 체세포 분열 수정 태반 생식세포 분열

❶ 우리 몸을 구성하는 세포의 수를 늘려 나가는 세포 분열 ··········( )
❷ 생식소에서 정자와 난자를 만드는 세포 분열 ··········( )
❸ 세포 분열의 중기에 뚜렷하게 관찰되는 막대 모양의 구조물로서, 유전 물질이 들어 있음 ··········( )
❹ 감수 1분열의 중기에 관찰되며, 상동 염색체가 서로 결합하여 만들어진 구조 ··········( )
❺ 암수가 구별되지 않는 생물이 생식세포를 만들지 않고 번식하는 생식 방법 ··········( )
❻ 암수가 구별되는 생물이 생식세포를 만들어 번식하는 생식 방법 ··········( )
❼ 암컷과 수컷의 생식세포가 서로 결합하여 하나의 세포로 되는 과정 ··········( )
❽ 식물에서 뿌리나 줄기, 잎이 분리되어 새로운 개체로 자라는 생식 방법 ··········( )
❾ 난소에서 성숙된 난자가 난소 밖으로 배출되는 현상 ··········( )
❿ 임신에 대비하여 두꺼워졌던 자궁 내막이 파열되어 출혈이 일어나는 현상 ··········( )
⓫ 수정란의 초기 체세포 분열 ··········( )
⓬ 수정란이 자궁 내막에 파묻혀 자리 잡는 현상 ··········( )
⓭ 수정 후 8주까지의 세포 덩어리 ··········( )
⓮ 태아와 모체의 물질 교환 장소 ··········( )
⓯ 태아가 모체의 질을 통하여 몸 밖으로 나오는 현상 ··········( )

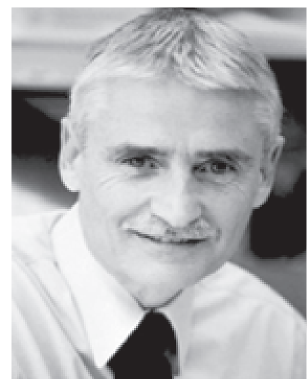
202 Ⅳ. 생식과 발생



## 학습 자료실

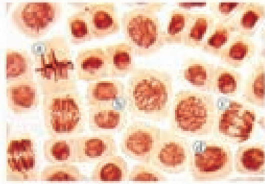
### ❀ 하트웰(Hartwell, L. H. ; 1940～ )

하트웰은 미국의 유전학자로서, 1939년 캘리포니아 주 로스앤젤레스에서 태어났다. 2001년 영국의 폴 너스, 티모시 헌트와 함께 노벨 생리 · 의학상을 받았다. 노벨 생리 · 의학상을 주관하는 스웨덴 카롤린스카 연구소는 이들이 세포 분열에 대한 연구를 통해 인간을 비롯한 모든 진핵생물의 세포 주기를 조절하는 핵심 분자를 발견하여 암세포의 발생 과정을 규명하는 데 이바지함으로써 장기적으로 암의 치료에 새로운 가능성을 여는 데 크게 공헌하였다고 밝혔다. 연구소는 특히 하트웰의 공적에 대해 "세포 주기의 최초 단계에서 제어의 중심 역할을 아는 이른바 '스타트(start)'라는 특이 유전자를 발견했으며, 세포 주기를 이해하는 데 도움이 되는 개념으로 '체크포인트(checkpoint)'를 도입하였다."라고 평가했다. 하트웰은 세포 주기와 암의 발생에 관한 연구에 유전학의 방식을 최초로 도입함으로써 이 분야 연구의 창시자로 평가받는다.


❷ 하트웰

## 개념 적용하기

**1** 그림은 양파의 체세포 분열을 관찰한 것이다.

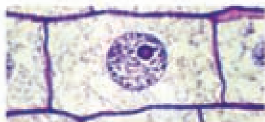


ⓐ~ⓓ에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ⓐ 시기의 염색체는 2개의 염색 분체로 되어 있다.
ㄴ. ⓑ는 세포판이 형성되는 말기이다.
ㄷ. ⓒ는 유전 물질이 복제되는 과정이다.
ㄹ. ⓓ 시기에 핵과 인이 관찰된다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**2** 그림은 체세포 분열 과정의 어떤 시기를 나타낸 것이다.



이 시기에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 염색체가 관찰된다.
ㄴ. 핵막과 인이 관찰된다.
ㄷ. 세포 주기 중 가장 짧다.
ㄹ. 유전 물질의 양이 두 배로 증가한다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

**3** 〈보기〉는 여러 가지 생명 현상이다.

보기
ㄱ. 콩나물의 뿌리가 길게 자란다.
ㄴ. 아메바가 분열법에 의해 증식한다.
ㄷ. 정자와 같은 생식세포를 형성한다.
ㄹ. 손상된 세포나 수명이 다한 세포가 교체된다.

체세포 분열과 관련된 생명 현상으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**4** 그림은 어떤 세포 분열에서 염색체의 이동을 나타낸 모식도이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
① 생장과 관계가 깊다.
② 생식 기관에서 일어난다.
③ 생식세포 분열 과정이다.
④ 염색체 수가 반으로 줄어든다.
⑤ 2회의 분열이 연속으로 일어난다.

**5** 〈보기〉는 양파 세포의 분열 과정에서 볼 수 있는 여러 특징을 나열한 것이다.

보기
ㄱ. 핵막과 인이 사라진다.
ㄴ. 두 개의 딸핵이 형성된다.
ㄷ. DNA량이 두 배로 증가한다.
ㄹ. 염색체가 세포의 중앙에 배열한다.
ㅁ. 염색체가 방추사에 의해 양극으로 끌려간다.

전기와 중기의 특징을 각각 고르시오.

대단원 마무리 203

## 개념 적용하기

**1** ④
[해설] ⓐ는 중기, ⓑ는 말기, ⓒ는 후기, ⓓ는 간기이다. 유전 물질의 복제는 간기에 일어난다.

**2** ④
[해설] 제시된 그림은 간기를 나타낸 것이다. 간기에는 핵막과 인이 관찰되며, 유전 물질의 복제가 일어나 그 양이 두 배로 증가하는 시기이다.

**3** ④
[해설] 정자와 같은 생식세포는 생식세포 분열을 통해 만들어진다.

**4** ①
[해설] 생장은 체세포 분열의 결과 일어난다.

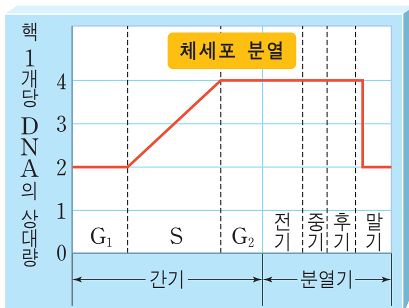
**5** 전기: ㄱ, 중기: ㄹ
[해설] ㄱ은 전기, ㄴ은 말기, ㄷ은 간기, ㄹ은 중기, ㅁ은 후기에 나타나는 특징이다.

## 과학 돋보기

### ❀ 세포 분열 중 DNA량의 변화 비교

(1) 체세포 분열에서는 S기에 DNA를 1회 복제하여 두 배로 증가시킨 후 말기에 반으로 감소하므로 $G_1$기의 세포와 딸세포의 DNA량은 같다.

(2) 생식세포 분열에서는 S기에 DNA를 1회 복제하여 두 배로 증가시킨 후 2회의 분열 과정에서 연속적으로 반감되므로 딸세포의 DNA량은 $G_1$기 세포의 반으로 줄어든다.







▲ 체세포 분열과 생식세포 분열의 DNA량 변화 비교

### 참고 자료 도마뱀은 손상된 심장도 재생해!

도마뱀은 자신의 꼬리가 잘렸을 때 그것을 다시 재생할 수 있으며, 또한 심장이 손상되었을 때에도 원래대로 심장 조직을 재생할 수 있다. 인간의 경우 심근 경색에 의해 손상된 심장 근육은 충분히 재생될 수 없을 뿐만 아니라 손상된 근육 조직에 흉터가 생기는 반면, 도마뱀의 심장은 손상 이후에 완전히 회복되며 조직 기능이 100 % 다시 살아난다. 이러한 재생 능력의 열쇠는 심장 근육 세포 자체에 있다. 도마뱀 심장에 있는 세포는 조직 손상 이후 자체 탈분화의 특성을 보이며, 새로운 심장 세포로의 증식과 성장에 참여한다. 도마뱀의 경우 심장 기능의 재생 시간은 약 2주이다. 이 시간은 관련 근육 단백질의 활동이 정상적으로 돌아가는 시간이다. 즉, 세포들이 다시 재분화를 거쳐 자체 특성으로 되돌아가는 시간인 셈이다.

## 개념 적용하기

**6** 그림은 세 종류의 생물을 나타낸 것이다.

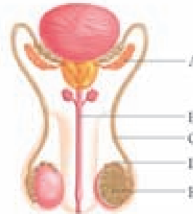



위 생물의 생식 방법에 대한 공통점을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 번식 속도가 빠르다.
ㄴ. 환경 변화에 대한 적응력이 약하다.
ㄷ. 유전적으로 다양한 자손이 만들어진다.
ㄹ. 생식세포의 결합을 통해 새로운 개체가 만들어진다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

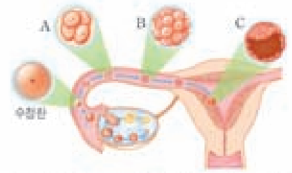
**7** 그림은 남자의 생식 기관을 나타낸 것이다.




각 부분의 기능에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A – 정자가 저장되는 곳이다.
② B – 정액이 체외로 나가는 통로이다.
③ C – 생산된 정자가 이동하는 통로이다.
④ D – 정자가 운동성을 갖는 장소이다.
⑤ E – 정자를 생산하고 남성 호르몬을 분비한다.

**8** 그림은 사람의 초기 발생 과정을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. C 시기에 착상이 일어난다.
ㄴ. 할구의 DNA량은 절반으로 줄어든다.
ㄷ. A → B 과정에서 할구의 크기가 작아진다.
ㄹ. A → B → C 과정에서 생식세포 분열이 일어나고 있다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

**9** 모체와 태아의 물질 교환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
① 물질 교환의 장소는 태반이다.
② 탯줄 동맥에는 산소와 양분이 많다.
③ 모체와 태아의 혈관은 연결되어 있지 않다.
④ 모체의 정맥에는 노폐물과 이산화 탄소가 많다.
⑤ 태아는 모체로부터 양분과 산소를 공급받는다.

**10** 태아의 생장 과정에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 중추 신경이 가장 먼저 형성되기 시작한다.
ㄴ. 수정 후 8주 이내에 대부분의 기관이 형성된다.
ㄷ. 수정 후 분만할 때까지의 개체를 태아라고 한다.
ㄹ. 8주 무렵에 생식기를 통해 성별을 판단할 수 있다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

204 Ⅱ. 생식과 발생

## 개념 적용하기

**6** ①

[해설] 아메바는 이분법, 히드라는 출아법, 곰팡이는 포자 생식으로 번식하는데, 이러한 생식 방법은 무성 생식에 속한다. 무성 생식은 번식 속도가 빠르지만 부모의 유전 형질이 자손에게 그대로 물려지므로 유전적으로 동일한 개체가 만들어져 환경 변화에 대한 적응력이 약하다.

**7** ①

[해설] A는 정낭, B는 요도, C는 수정관, D는 부정소, E는 정소이다. 정자는 정낭 등의 부속샘에서 분비되는 물질과 합쳐져 정액이 된다.

**8** ②

[해설] A는 4세포기, B는 상실기, C는 착상이 진행되고 있는 포배 단계를 나타낸 것이다. 수정란의 체세포 분열을 난할이라 하는데, 난할 결과 각 할구가 갖는 DNA량은 변하지 않는다. 그러나 난할이 진행될수록 할구의 크기는 점점 작아진다.

**9** ②

[해설] 태반을 통해 물질 교환이 일어나는데, 태반에서는 태아와 모체의 혈액이 섞이지 않는다. 태아의 탯줄 동맥에는 정맥혈이, 탯줄 정맥에는 동맥혈이 흐른다.

**10** ①

[해설] 수정 후 8주까지를 배아라고 하며, 9주부터 분만까지를 태아라고 한다. 8주경에는 생식기가 형성되지 않았다.

### | 관련 지식 |

#### ❀ 정액에 포함된 물질

정액에는 정자 이외에 세정관을 지나면서 칼륨, 나트륨, 글리세릴포스포릴콜린이 첨가된다. 나트륨은 삼투압 유지에 관여하며, 글리세릴포스포릴콜린은 정자의 에너지원이다. 또 정자는 부정소 내에서 성숙하여 수정관이라는 긴 관을 통해 다른 저장소인 팽대부로 이동하는데, 이곳에서 정자에 영양을 공급하는 과당이 첨가된다. 사정하는 동안에는 전립샘과 정낭으로부터 나온 액이 첨가되고, 요도 망울샘과 요도샘에서 나오는 분비물이 정액에 마지막으로 첨가되어 정액이 된다.

**참고 자료** 붕어는 수컷이 암컷으로 변한다고?

인간에게 성별은 자신의 의지와 상관없이 결정되는 운명이다. 그러나 물속에서 살아가는 생물들 중에는 양성 생식을 하면서도 상황에 따라 성별을 바꾸는 종들이 있다. 예를 들어 붕어는 생장하면서 수컷에서 암컷으로 성을 전환하는 경우가 있다. 붕어는 몸길이가 3~4 cm인 치어일 때 전체 개체 수의 70 % 이상이 수컷이다. 그러나 6~7 cm 정도로 자라면 수컷의 비율이 40 %로 점차 줄어든다. 다 자란 붕어 중 수컷이 차지하는 비율은 10 % 미만이 된다. 수컷이 환경에 적응하는 능력이 떨어지는 것도 한 가지 이유이지만, 암컷을 만날 수 없는 수컷 붕어가 성을 바꾸어 처녀 생식으로 알을 부화하려는 이유가 더 크다. 이러한 현상은 왜 물속 생물들에게만 나타나는 것일까?

그 이유는 물이라는 환경과 물고기의 단순한 생식 기관 때문이다. 물이라는 환경은 체외 수정을 하는 물고기들의 정자와 난자가 건조되지 않게 해 준다. 따라서 암컷과 수컷의 생식 기관은 육지 생물처럼 복잡할 필요가 없다. 생식 기관이 단순한 형태이므로 변화가 쉬운 것이다. 또한 물고기의 원시 생식세포는 정소에 넣으면 정자로, 난소에 넣으면 난자로 생장하는 특징이 있어 성전환을 해도 별다른 무리가 없다.

## 개념 응용하기

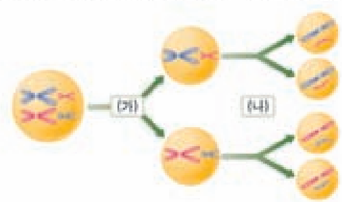
탐구력 기르기

1) 그림은 초파리 수컷의 염색체를 나타낸 모식도이다. 수컷 초파리에서 만들어지는 정자의 염색체 구성 두 가지를 성염색체가 다르게 그리시오.



탐구력 기르기

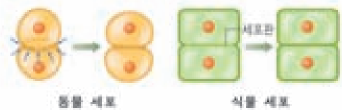
2) 그림은 어떤 세포의 분열 과정을 나타낸 것이다.




(가)와 (나) 과정을 통해 염색체 수가 어떻게 변하는지 그 이유를 포함하여 설명하시오.

과학 글쓰기

3) 그림은 세포질 분열 과정을 나타낸 것이다.



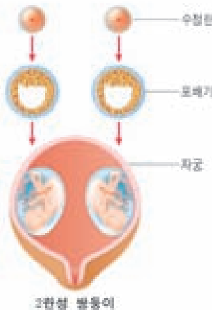

위 그림을 근거로 동물 세포와 식물 세포에서 일어나는 세포질 분열 과정의 공통점과 차이점을 비교하여 설명하시오.

상상력 키우기

4) 사람에게는 배꼽이 있지만, 병아리에게는 배꼽이 없다. 그 이유를 발생 과정과 관련지어 설명하시오.

탐구력 기르기

5) 그림은 2란성 쌍둥이의 발생 과정을 모식도로 나타낸 것이다.




2란성 쌍둥이

그림을 통해 1란성 쌍둥이가 만들어지는 과정을 2란성 쌍둥이가 만들어지는 과정과 비교하여 설명하시오.

과학 글쓰기

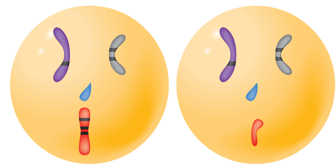
6) 〈보기〉의 용어를 모두 사용하여 태아가 출산되기까지의 과정을 서술하시오.

보기
• 배란 • 수정 • 착상 • 임신 • 태반
• 배아 • 태아 • 출산 • 자궁



## 개념 응용하기

1)



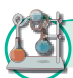
2) (가)는 감수 1분열 과정으로서, 상동 염색체가 분리되기 때문에 염색체 수가 반감된다. (나)는 감수 2분열 과정으로서, 염색 분체가 분리되기 때문에 염색체 수가 변하지 않는다.

3) 동물 세포와 식물 세포 모두 세포질 분열 과정을 통해 두 개의 딸세포가 만들어진다. 하지만 동물 세포에서는 세포막이 안쪽으로 함입되어 세포질이 분리되며, 식물 세포에서는 세포판이 만들어져 세포질이 분리된다는 차이점이 있다.

4) 사람의 경우 태아와 모체를 연결하는 탯줄이 형성되며, 출산 후 탯줄을 자른 흔적으로 배꼽이 생기게 된다. 사람과는 달리 병아리는 발생 기간 동안 알 속에서 영양분을 공급받으며 자라기 때문에 탯줄이 없으며, 따라서 탯줄의 흔적인 배꼽도 없는 것이다.

5) 2란성 쌍둥이는 서로 다른 수정란이 각각 발생한 것이다. 반면, 1란성 쌍둥이는 하나의 수정란이 발생 도중에 분리되어 각각 발생한 것이다.

6) 여성의 난소에서 배란된 난자는 수란관으로 들어와 정자와 수정된다. 수정란은 난할을 하면서 자궁에 착상되는데, 이를 임신이라고 한다. 이때 수정 후 8주까지의 세포 덩어리를 배아라고 하며, 수정 후 9주부터는 태아라고 부른다. 임신이 되면 태반이 만들어져 태아와 모체 사이의 물질 교환이 일어나 태아가 자라게 된다. 수정 후 약 266일이 경과하면 태아가 모체 밖으로 나오는 출산이 일어난다.



학습 자료실

### 태반의 또 다른 기능

태반의 역할은 물질 교환에 그치지 않는다. 태반은 태아가 아직 몸의 기관을 제대로 갖추지 못했을 때 기관들의 역할을 대신한다. 우리 몸에서 간은 포도당을 글리코젠으로 바꾸어 저장했다가 에너지가 급히 필요할 때 내보낸다. 태아에서 간이 만들어지기 전까지 태반이 이 역할을 대신한다. 태반 덕분에 태아는 산모의 영양 상태가 들쭉날쭉해도 비교적 안정적으로 영양분을 공급받을 수 있다. 태반은 뇌하수체를 대신하여 태아의 뇌 발달을 촉진시키기도 한다. 태아의 뇌는 임신 24~28주 사이에 발달하는데, 이때 뇌를 활성화시키는 신경 전달 물질이 중요한 역할을 한다. 산모의 뇌하수체에서 분비되는 호르몬과 신경 전달 물질 중 일부는 태반을 통해 태아에게도 전달된다. 예를 들어 산모가 기분 좋을 때 분비되는 도파민은 태아에게도 전달되어 태아를 기분 좋게 하고 뇌 세포를 활성화시킨다. 또 태반은 산모가 임신 동안 필요한 호르몬을 직접 생산하여 산모 쪽으로 분비한다. 임신 초기에 나오는 HCG는 황체가 퇴화하는 것을 막아 프로게스테론과 에스트로겐을 분비하게 한다. 프로게스테론과 에스트로겐은 자궁 내막을 유지시켜 유산을 막고, 모유 수유를 위해 유선을 발달시키는 등 임신 기간 동안 매우 중요한 역할을 하는 호르몬이다. 임신 4개월이 되면 태반에서 직접 프로게스테론을 분비하기 시작한다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 다음은 정육면체의 표면적과 부피의 관계를 나타낸 것이다.

| 한 변의 길이 (cm) | 표면적 ($cm^2$) | 부피 ($cm^3$) | $\frac{표면적}{부피}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 1 | 6 |
| 2 | 24 | 8 | 3 |
| 3 | 54 | 27 | 2 |

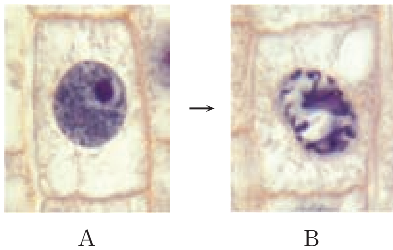
세포가 커지면 분열하는 이유로 가장 타당한 것은?

① 세포마다 구조와 형태가 다르기 때문에
② 세포가 커지면 부피가 증가하기 때문에
③ 세포가 커지면 표면적이 증가하기 때문에
④ 세포가 커지면 물질의 출입이 원활하지 않기 때문에
⑤ 세포의 크기가 작을수록 세포 분열이 잘 일어나기 때문에

**02** 그림은 체세포 분열 과정의 어떤 시기를 관찰한 것이다. 이것은 세포 분열의 어떤 시기를 나타내는가? 또 그렇게 생각한 이유는 무엇인지 쓰시오.



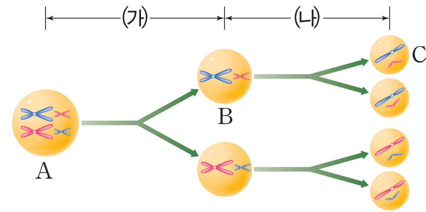
**03** 그림은 체세포 분열 과정의 일부를 나타낸 것이다.




(1) A와 B는 각각 어느 시기를 나타내는가?

(2) A에서 B로 되는 과정에서 일어나는 변화를 3가지 쓰시오.

**04** 그림은 어떤 세포의 분열 과정을 나타낸 것이다.

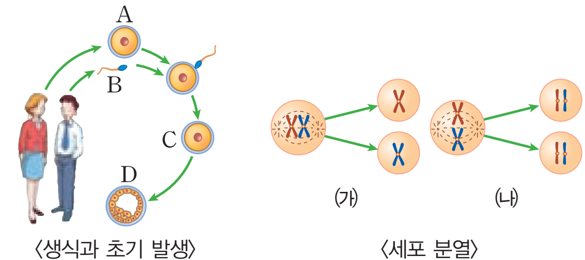



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A의 핵상은 $2n$이다.
ㄴ. B와 C가 갖는 염색체 수는 같다.
ㄷ. (가) 과정에서 상동 염색체가 분리된다.
ㄹ. (나) 과정에서 X와 Y 염색체가 분리된다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**05** 그림은 사람의 생식과 초기 발생, 세포 분열 과정의 일부를 나타낸 것이다(단, 1쌍의 상동 염색체만을 나타내었다).



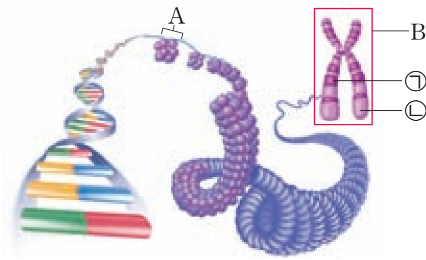

〈생식과 초기 발생〉 〈세포 분열〉

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A와 B 모두 (가) 과정을 거쳐 만들어진다.
ㄴ. C가 D로 되기 위해서는 (가)와 (나) 과정이 일어나야 한다.
ㄷ. D를 구성하는 각 세포가 갖는 DNA량은 같다.
ㄹ. D를 구성하는 각 세포가 갖는 염색체 수는 C의 절반이다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

**06** 그림은 체세포의 염색체 구조를 나타낸 것이다.

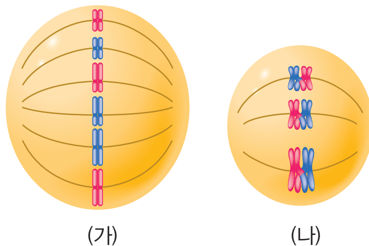



(1) A를 구성하는 물질을 쓰시오.

(2) 체세포 분열의 어느 시기에 B와 같은 구조물을 관찰할 수 있는가?

(3) ㉠과 ㉡은 유전자 구성이 같은 염색 분체이다. 두 가닥의 염색 분체는 어느 시기에 어떤 과정을 거쳐 형성되는지 설명하시오.

**07** 그림은 $2n=6$인 세포의 분열 과정에서 중기의 모습을 나타낸 것이다.

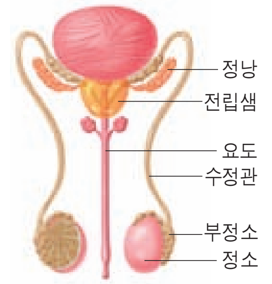

(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)는 골수에서 혈구가 만들어질 때 관찰된다.
ㄴ. (가) 세포가 갖는 염색체 수는 (나)의 2배이다.
ㄷ. (나)에서 상동 염색체는 서로 접합하고 있다.
ㄹ. (나)는 호밀 이삭에서 꽃가루가 만들어질 때 관찰된다.

① ㄱ, ㄷ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄷ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

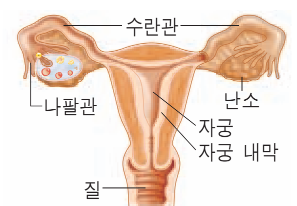
**08** 그림은 남성의 생식 기관을 나타낸 것이다. 각 기관에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?




보기
ㄱ. 정소에서 정자가 생성된다.
ㄴ. 요도는 생식과 배설 기능을 모두 갖는다.
ㄷ. 전립샘 등의 부속샘에서 정액의 약 5 %가 분비된다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

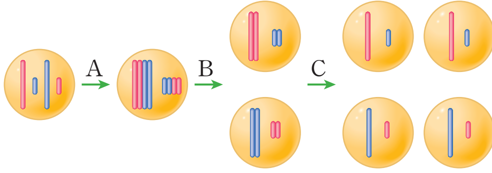
**09** 그림은 여성의 생식 기관을 나타낸 것이다. 각 기관에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?




보기
ㄱ. 질의 내부는 염기성 상태이다.
ㄴ. 수란관에서 수정과 난할이 모두 일어난다.
ㄷ. 임신 기간 동안 자궁 내막은 두꺼운 상태이다.
ㄹ. 자궁에서 수정란의 착상과 태아의 발생이 이루어진다.

① ㄱ, ㄷ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

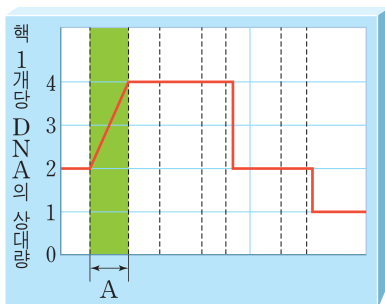
**10** 그림은 생식세포가 만들어지는 과정을 나타낸 것이다.




(1) 유전 물질인 DNA량이 2배로 증가하는 A 과정은 세포 분열의 어느 시기에 일어나는가?

(2) B와 C 과정에서 염색체 수와 DNA량의 변화는 각각 어떻게 되는가?

**11** 그림은 사람의 생식세포가 형성되는 과정에서 핵 1개당 DNA의 상대량을 나타낸 것이다.




**연속 2회의 분열이 일어나는 생식세포 분열에서 A 시기가 1회만 있어야 하는 이유로 가장 타당한 것은?**

① 무작위 수정
② 생명의 연속성
③ 2가 염색체의 형성
④ 생식세포의 다양성
⑤ 생식세포 수의 증가

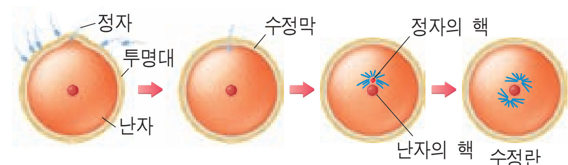
**12** 수정란은 수란관을 따라 자궁으로 이동하면서 세포 분열을 한다. 표는 이 기간 동안 배를 구성하고 있는 할구 세포의 DNA량과 부피를 나타낸 것이다.

| 배의 변화 | 수정란 | 2세포배 | 4세포배 | 8세포배 |
|---|---|---|---|---|
| 할구 세포의 핵량(상대값) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 할구 세포의 부피(상대값) | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.125 |

(1) 배를 구성하고 있는 할구 세포의 부피가 분열을 할수록 감소하는 이유를 쓰시오.

(2) 각 할구 세포가 가지는 DNA량이 일정한 이유를 쓰시오.

**13** 그림은 사람의 수정 과정을 나타낸 것이다.

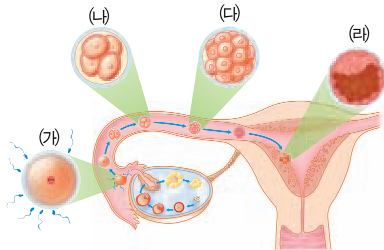



(1) 수정막의 기능은 무엇인가?

(2) 정자와 난자, 수정란이 갖고 있는 염색체 수를 각각 쓰시오.

(3) 위의 수정 과정은 어디에서 일어나는가?

**14** 그림은 정자와 난자가 수정한 후, 난할을 하면서 수란관을 따라 자궁으로 이동하여 착상되는 과정을 나타낸 것이다.

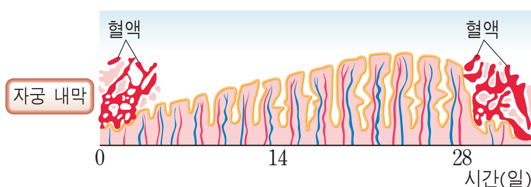



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)는 수란관의 상단부에서 일어난다.
ㄴ. (가) → (다) 과정에서 각 할구가 갖는 DNA량은 반감된다.
ㄷ. (라) 시기에 착상이 일어난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**15** 그림은 여성의 생식 주기에 따른 자궁 내막의 변화를 나타낸 것이다.




(1) 자궁 내막이 허물어지는 현상을 무엇이라 하는가?

(2) 자궁 내막이 허물어지는 현상이 일어나는 이유는 무엇인가?

**16** 그림은 태아의 시기별 발달 과정을 나타낸 것이다.

수정, 착상 / 기본 구조 형성, 발달

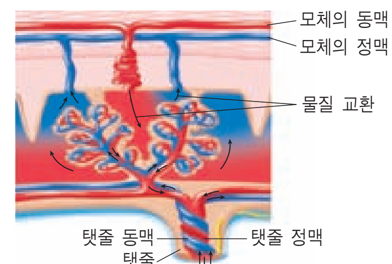
| 주령 | 1 2 | 3 4 5 6 | 7 8 9 10 | 11 12 13 14 | 15 16 17 18 | 19 20 21 22 | 38 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 월령 | 1개월 | 2개월 | 3개월 | 4개월 | 5개월 | 6개월 | 10개월 |
| 중추 신경계 | | | | | | | |
| 심장 | | | | | | | |
| 눈 | | | | | | | |
| 귀 | | | | | | | |
| 손·발 | | | | | | | |
| 치아 | | | | | | | |
| 외부 생식기 | | | | | | | |

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 가장 먼저 형성되는 기관은 중추 신경계이다.
ㄴ. 수정 후 8주 이내에 대부분의 중요한 기관이 형성된다.
ㄷ. 약물 복용으로 기형이 유발될 가능성이 높은 시기는 10주 이후이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**17** 그림은 태아와 모체 사이에서 물질 교환이 일어나는 태반의 구조를 나타낸 것이다.




태반에서 일어나는 물질 교환에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 태아와 모체의 모세 혈관은 직접 연결되어 있다.
ㄴ. 탯줄 동맥은 탯줄 정맥보다 더 많은 산소를 포함하고 있다.
ㄷ. 산소와 포도당은 모체의 동맥을 통해 태반으로 운반된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

V 여러 가지 화학 반응

◆ 이 단원에서는

일상생활에서 철은 부식되면 대부분 사용할 수 없게 되지만, 철이 부식되는 현상을 이용한 건축물도 있다. 철은 시간이 지날수록 부식이 진행되어 모습이 바뀌며, 산성비가 내리면 부식이 더 빨리 일어난다.

이 단원에서는 산과 염기의 종류와 특징에 대해 알아보고, 산과 염기가 반응하는 중화 반응 과정과 실생활의 예를 살펴보자.

그리고 산화－환원 반응에서는 산화 반응과 환원 반응의 의미를 이해하고, 일상생활에서 일어나는 산화－환원 반응에는 어떤 것들이 있는지 찾아보자.

1 산과 염기의 반응

2 산화－환원 반응

아레니우스(Arrhenius, S. A. : 1859～1927)



과학자들은 19세기까지도 산과 염기에 대한 정확한 정의를 내리지 못하고 있었다. 이 같은 상황에서 아레니우스는 19세기 말 산과 염기의 중화에 대한 정확한 정의를 내린 스웨덴의 물리화학자이다.

산은 이온화하여 수소 이온을 내는 물질이고, 염기는 이온화하여 수산화 이온을 내는 물질이며 산과 염기의 세기는 이온화 정도에 의해 결정된다고 정리하였다.

수용액에 한정된 아레니우스의 산과 염기의 개념은 1923년 덴마크의 브뢴스테드와 영국의 로우리에 의해 좀 더 넓은 개념으로 수정되었다.

206 207

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 5～6학년군에서 산과 염기 및 연소와 소화에 대하여 배웠으며, 중학교 ②에서 물질의 구성에 대하여 배웠다. 또한 화학 변화의 의미와 화학 반응의 종류 등 화학 반응에 대한 기본 개념을 중학교 ③ 화학 반응에서의 규칙성 단원에서 학습하였다.

이 단원에서는 생활에서 접할 수 있는 대표적인 화학 반응인 산과 염기의 중화 반응과 산화－환원 반응을 다룬다. 즉, 일상생활에서 산과 염기의 반응, 산화－환원 반응이 존재함을 알 수 있으며 이를 통해 화학이 유용하게 쓰임을 알고 화학에 대한 긍정적인 태도를 가질 수 있다.

먼저 산과 염기의 공통적인 성질을 학습하고, 일상생활에서 산과 염기의 대표적인 예를 알아본다. 그리고 수용액에서의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타내고, 중화 반응이 일어날 때의 변화를 이해하게 한다. 또한 대표적인 산화－환원 반응을 산소의 이동으로 이해하게 하고, 일상생활에서 볼 수 있는 산화－환원 반응을 학습한다.

## ▶ 단원 학습 위계

### 이미 배운 내용

| | |
|---|---|
| 초등학교 5~6학년군 | • 산과 염기<br>• 연소와 소화 |
| 중학교 ② | • 물질의 구성 |
| 중학교 ③ | • 화학 반응에서의 규칙성 |



### 이번에 배울 내용

• 산과 염기의 성질
• 중화 반응
• 산소와 산화－환원 반응
• 일상생활에서의 산화－환원 반응



### 다음에 배울 내용

| | |
|---|---|
| 고등학교 화학 Ⅰ | • 산화－환원 반응<br>• 산과 염기 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 우리 주변에서 볼 수 있는 산과 염기의 특징을 알고, 수용액에서 산과 염기의 이온화를 이온식으로 나타낸다.

(나) 중화 반응에서 일어나는 지시약의 색 변화와 온도 변화를 관찰하고, 용액의 성질과 온도 변화를 이해한다.

(다) 중화 반응을 이온 모형을 통해 이해하고, 이를 이온 반응식으로 나타낸다.

(라) 산화와 환원 반응을 산소의 이동으로 이해한다.

(마) 일상생활에서 산화와 환원 반응의 예를 들 수 있다.

### ■ 탐구 활동

(가) 중화 반응에서 일어나는 현상 관찰하기

(나) 중화 반응을 이온 모형으로 표현하기

(다) 산소와 결합하는 산화 반응 실험하기

(라) 일상생활에서 산화와 환원 반응 조사하기

## 단원 지도상의 유의점

1 수용액이 산성, 염기성을 나타내는 이유를 각각 수소 이온, 수산화 이온의 존재 때문으로 이해하도록 지도한다.

2 산과 염기의 특징은 탐구 활동을 실시하거나 시범 실험을 하여 이해를 높일 수 있도록 한다.

3 산과 염기의 특징을 다룰 때 맛을 보는 일은 매우 위험한 행동이라는 것을 학생들에게 주지시킨다. 산의 경우에는 과일이나 식초와 같이 안전이 확인된 것으로 제한한다.

4 중화 반응에서의 온도 변화를 그래프로 그려보도록 함으로써 중화 반응이 많이 일어날수록 열이 많이 발생함을 학생 스스로 깨닫도록 한다.

5 스티커 모형을 사용하여 중화 반응을 표현함으로써 중화 반응에서 일어나는 이온 사이의 반응을 정확히 이해하도록 지도한다.

6 산화 반응과 환원 반응은 산소의 이동으로만 설명하며, 전자의 이동 및 산화수의 변화는 다루지 않는다. 그리고 산화와 환원은 항상 동시에 일어남을 알 수 있도록 한다.

7 산소와 결합하는 산화 반응 실험을 통하여 산화 반응이 일어난 후 물질의 성질이 달라짐을 이해할 수 있도록 한다.

8 생활 속에서 일어나는 다양한 산화–환원 반응의 예를 산소의 이동으로 설명할 수 있도록 한다.

9 가열하는 실험을 할 때에는 실험 기구의 사용법을 충분히 익힌 후 사용하도록 지도하며, 화상을 입지 않도록 주의시킨다.

10 생활 주변의 다양한 산화 반응과 환원 반응을 학생 스스로 조사하도록 하여 산화 반응과 환원 반응에 대한 이해를 넓힐 수 있도록 지도한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 세상에서 가장 재미있는 화학(2008), 크레이그 크리들 저, 궁리
2. 생명의 화학 삶의 화학(2009), 김희준 저, 자유아카데미

### ■ 읽을 책_학생용

1. 루이스가 들려주는 산 염기 이야기(2005), 전화영 저, 자음과 모음
2. 촛불 속의 과학(2004), 마이클 패러데이 저, 누림

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://www.keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| V-1 산과 염기의 반응 | 1 산의 성질 | 8 | 1~2 /14차시 | • 산이 공통적으로 나타내는 성질과 현상<br>• 산성이 나타나는 이유를 수소 이온으로 설명하기<br>• 강산과 약산의 비교<br>• 산 수용액의 이온 반응식 나타내기<br>• 여러 가지 산의 종류와 특징 |
| | 2 염기의 성질 | | 3~4 /14차시 | • 염기가 공통적으로 나타내는 성질과 현상<br>• 염기성이 나타나는 이유를 수산화 이온으로 설명하기<br>• 강염기와 약염기의 비교<br>• 염기 수용액의 이온 반응식 나타내기<br>• 여러 가지 염기의 종류와 특징<br>• STEAM: 산성 식품과 알칼리성 식품 |
| | 3 중화 반응 | | 5~8 /14차시 | • pH의 정의와 이용<br>• 액성에 따른 지시약의 색 변화<br>• 탐구 활동: 산과 염기의 중화 반응<br>• 중화 반응과 중화열<br>• 탐구 활동: 이온 모형을 이용한 중화 반응의 표현<br>• 여러 가지 산과 염기의 반응식<br>• 생활 속에서 볼 수 있는 중화 반응의 예 |
| V-2 산화-환원 반응 | 1 산소와 산화-환원 반응 | 5 | 9~10 /14차시 | • 산화-환원 반응을 산소의 이동으로 설명하기<br>• 탐구 활동: 구리의 산화와 환원<br>• 산화 반응과 환원 반응을 화학 반응식으로 나타내기<br>• 빠른 산화와 느린 산화의 예<br>• 금속과 비금속이 산화되어 생성된 산화물의 비교<br>• STEAM: 산소의 발견 |
| | 2 일상생활에서의 산화-환원 반응 | | 11~13 /14차시 | • 철의 부식이 일어나는 조건<br>• 철의 제련 과정과 산화-환원 반응<br>• 철의 부식 방지 방법<br>• 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 산화-환원 반응의 예<br>• 탐구 활동: 일상생활에서의 산화-환원 반응 조사 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 14/14차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
| --- | --- | --- | --- |
| 관찰<br>토의<br>조사 | • 산의 공통적인 성질을 알고, 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다.<br>• 산 수용액에서 이온의 이동과 금속과 산의 반응을 통해 산성이 나타나는 이유를 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다.<br>• 산을 강산과 약산으로 나누는 기준을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 산의 예를 이야기할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 210~215 | 254~259 |
| 관찰<br>토의<br>조사 | • 염기의 공통적인 성질을 알고, 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다.<br>• 염기 수용액에서의 이온의 이동을 통해 염기성이 나타나는 이유를 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다.<br>• 염기를 강염기와 약염기로 나누는 기준을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 염기의 종류와 사용 예를 이야기할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 216~221 | 260~265 |
| 실험<br>관찰<br>토의<br>자료 해석 | • 액성에 따른 지시약의 색 변화를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 산과 염기의 중화 반응 실험으로부터 중화 반응의 의미와 지시약의 색 변화, 온도 변화에 대해 설명할 수 있는지 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 이온 모형으로 중화 반응을 잘 표현하는지 보고서법으로 평가한다.<br>• 중화 반응을 이온 반응식으로 잘 나타내는지 보고서법과 발표로 평가한다.<br>• 생활 속에서 일어나는 중화 반응의 예를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 222~229 | 266~273 |
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 산화와 환원의 의미를 산소의 이동으로 이해하고 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 구리의 산화와 환원 반응에서 나타나는 현상을 관찰하고, 화학 반응식으로 잘 나타내는지 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 산화－환원 반응을 화학식으로 나타낼 수 있는지 보고서법으로 평가한다.<br>• 빠른 산화와 느린 산화의 예를 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다.<br>• 산화물의 특징을 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다. | 232~237 | 274~279 |
| 토의<br>조사 | • 철의 부식과 부식 방지 방법에 대해 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 철의 제련 과정에서 일어나는 산화－환원 반응을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 생활 속의 여러 가지 현상들에서 산화－환원 반응이 일어남을 이해하고 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 일상생활에서 일어나는 산화－환원 반응을 조사하도록 하여 보고서법으로 평가한다. | 238~245 | 280~287 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 246~249 | 288~291 |

# 1-1 산의 성질

**| 학습 내용 안내 |**

(1) 우리 주변에서 산이 들어 있는 예를 찾아본다.
(2) 산이 공통적으로 나타내는 성질(산성)에 대해 설명한다.
(3) 산성이 나타나는 이유를 설명한다.
(4) 강산과 약산의 정의와 해당하는 산의 종류를 설명한다.
(5) 수용액에서 산의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타낸다.
(6) 여러 가지 산의 종류와 특징을 설명한다.

**| 학습 전개 |**

산이 파란색 리트머스 종이와 BTB 용액의 색깔 변화, 금속과의 반응 등에서 나타내는 공통적인 성질인 산성을 알게 한다.



이온의 이동 실험과 금속과 산의 반응을 통해 산이 공통적인 성질을 나타내는 이유와 산의 정의를 이해하도록 지도한다.



산을 강산과 약산으로 분류하는 기준을 알고, 수용액에서 산의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타낼 수 있도록 한다.



탄산, 아세트산과 같이 음식에 들어 있는 산이나 염산, 황산, 질산 등 여러 가지 산의 종류와 특징을 알게 한다.

찾아보기

- 한국 브리태니커
  http://www.britannica.co.kr
- 한국 교육 과정 평가원
  http://www.classroom.re.kr

Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

## 1-1 산의 성질



덜 익은 과일을 한입 베어 물면 떫기도 하고 시기도 하다. 너무 익은 김치는 신맛이 난다.

이와 같이 음식을 먹을 때 신맛이 느껴지는 이유는 음식 속에 어떤 성분이 포함되어 있기 때문일까?

학습 목표
- 우리 주변에서 볼 수 있는 산의 예를 찾아보고, 그 특징을 말할 수 있다.
- 수용액에서 산의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타낼 수 있다.

### 신맛을 나게 하는 물질

레몬은 신맛이 강해 쉽게 먹기 어려운 과일이다. 레몬뿐 아니라 오렌지, 자두 또는 덜 익은 과일 등은 신맛이 강해 먹을 때 얼굴을 찡그리기도 한다.

이처럼 과일 등에 포함되어 신맛이 나게 하는 물질이 산이다. 산은 과일뿐 아니라 다른 음식에도 포함되어 있다. 냉면이나 오이냉국 등에 식초를 넣으면 신맛이 더해져 맛이 다양해진다. 또 김치는 오래되면 발효되면서 산이 만들어지기 때문에 신맛이 강해지고, 청량음료나 요구르트에도 산을 넣거나 산이 생성된다. 우리 몸의 위에서도 산이 분비되어 음식물의 소화를 돕고, 운동을 할 때에는 근육에서 산이 만들어지기도 한다.

신맛을 내는 산은 리트머스 종이와 BTB(브로모티몰 블루) 용액의 색깔 변화, 금속과의 반응, 전기 전도성 등에서 공통의 성질을 나타내는데, 이를 **산성**이라고 한다.

산의 유래
산이라는 뜻의 영어 acid는 라틴어의 '시다(acidus)'라는 말에서 유래하였다.




그림 Ⅰ-1 냉장고 속의 신맛이 나는 음식

210 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

**| 관련 지식 |**

**발효**

(1) **발효** 발효는 포도당과 같이 에너지를 내는 분자들이 산소가 없는 상태에서 효소에 의해 분해가 촉진되어 에너지를 생성하는 과정을 의미한다. 일반적으로 포도당은 두 분자의 피루브산으로 분해되고 피루브산은 몇 가지 반응을 거쳐 최종 산물을 생성하는데, 그 최종 산물에 따라 알코올 발효, 젖산 발효, 아세트산 발효 등으로 구분한다.

(2) **알코올 발효** 포도당이 담긴 그릇에 효모를 넣고 뚜껑을 닫으면 미생물인 효모가 효소를 이용하여 포도당을 분해한다. 이때 효모는 산소가 있으면 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해하지만, 산소가 없으면 포도당을 에탄올과 이산화 탄소로 분해하는데 이것을 알코올 발효라고 한다.

(3) **젖산 발효** 산소가 없는 상태에서 젖산균을 포도당과 반응시켜 젖산이 생성되는 발효를 젖산 발효라고 한다. 김치, 요구르트, 치즈, 젓갈 등은 젖산 발효에 의해 만들어지는 음식이다. 젖산 발효는 우리 몸속에서 일어나는 경우도 있는데, 사람이 심한 근육 운동을 하면 젖산 발효가 일어나 젖산이 만들어진다. 젖산은 우리 몸에 피로를 느끼게 하는 물질이므로 심한 운동을 하고 나면 근육이 피로해지는 것은 바로 젖산 발효가 일어났기 때문이다.

## 산의 성질

산의 수용액에 푸른색 리트머스 종이를 대면 붉게 변하며, BTB 용액을 떨어뜨리면 노란색으로 변한다.



그림 Ⅴ-2 푸른색 리트머스 종이와 BTB 용액의 색 변화

산은 마그네슘과 같은 금속과 반응하여 수소 기체를 발생한다. 발생하는 기체를 모은 후 성냥불을 대면 '펑' 하는 소리와 함께 연소된다.




그림 Ⅴ-3 마그네슘과 산의 반응

산은 탄산 칼슘과 반응하여 이산화 탄소를 발생한다. 발생하는 기체를 석회수에 통과시키면 뿌옇게 변하는 것을 통해 이산화 탄소가 발생했음을 알 수 있다.

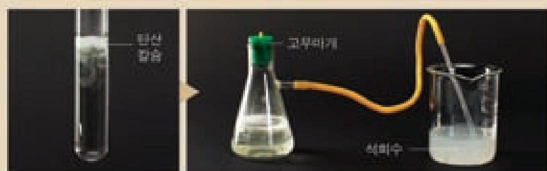



그림 Ⅴ-4 탄산 칼슘과 산의 반응

산의 수용액에는 전류가 흐른다. 전류가 흐르는 것을 통해 산의 수용액에는 이온이 존재한다는 것을 알 수 있다.



그림 Ⅴ-5 산 수용액의 전기 전도성

**인터넷 속 과학 세상**

산성비가 내리면 조각상이 손상된다고 한다. 이런 현상은 산의 어떤 성질과 관련이 있는지, 대리석의 주성분은 무엇인지 조사해 보자.

검색 | 산성비, 대리석

1. 산과 염기의 반응 211






### 산의 공통적인 성질

(1) **지시약의 색깔 변화** 산의 수용액에서 푸른색 리트머스 종이는 붉은색, BTB 용액은 노란색, 메틸 오렌지 용액은 붉은색, 페놀프탈레인 용액은 무색을 나타낸다. 지시약의 색깔을 통해 용액의 액성을 판단할 때 주의할 점은 중성을 판단하는 것은 불가능하다는 점이다. 예를 들어 메틸 오렌지 용액의 경우 pH 4.4 정도 이상에서는 노란색을 나타내므로 메틸 오렌지 용액으로는 약한 산성, 중성, 염기성을 구별할 수 없고, 단지 붉은색을 나타내면 산성인 것만 확인할 수 있다. 마찬가지로 페놀프탈레인 용액으로는 염기성만 확인할 수 있다.

(2) **금속과의 반응** 대부분의 금속은 산과 반응하여 수소 기체를 발생한다. 즉, 산의 수소 이온과 금속의 산화-환원 반응에 의해 수소 기체가 발생한다. 이 반응에서 금속은 산화되고, 수소 이온은 환원된다. 그러나 수소에 비해 산화되기 어려운 금속인 구리, 수은, 은, 백금, 금 등은 산과 반응하여 수소 기체를 발생하지 않는다. 단, 이 금속들도 질산이나 진한 황산과 같이 산화력이 강한 산과는 반응하지만 이 때에는 수소 기체가 발생하지 않는다.

(3) **탄산염과의 반응** 산은 탄산염과 반응하여 이산화 탄소를 발생한다. 탄산염은 탄산 이온($CO_3^{2-}$)을 포함한 물질로, 탄산 이온은 산의 수소 이온($H^+$)과 만나면 다음과 같은 반응을 통해 이산화 탄소를 발생한다.



$$CO_3^{2-} + 2H^+ \longrightarrow H_2O + CO_2 \uparrow$$

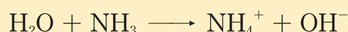
(4) **전기 전도성** 산 수용액은 전류가 흐른다. 전류가 흐르기 위해서는 이온이나 자유 전자와 같이 전하를 띤 입자가 자유롭게 움직일 수 있어야 한다. 산을 물에 녹이면 양이온(수소 이온)과 음이온으로 이온화하여 수용액에서 자유롭게 이동하므로 전류가 흐르는 것이다.

**심화 학습** 

### 산의 정의

(1) **아레니우스의 정의** 산은 물에 녹아 수소 이온($H^+$)을 내놓는 물질로 산의 수용액은 순수한 물보다 수소 이온의 농도가 높으며, 염기는 물에 녹아 수산화 이온($OH^-$)을 내놓는 물질이다.

(2) **브뢴스테드-로우리의 정의** 산은 양성자($H^+$)를 내놓는 물질이며, 염기는 양성자($H^+$)를 받아들이는 물질이다. 브뢴스테드-로우리의 정의에 의하면 암모니아는 물과의 반응에서 $H^+$를 받아들이기 때문에 염기로 작용한다.



$$H_2O + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

(3) **루이스의 정의** 산은 다른 물질의 비공유 전자쌍을 받아들이는 물질이고, 염기는 다른 물질에게 비공유 전자쌍을 제공하는 물질이다.

아레니우스 정의의 산과 염기는 루이스 정의의 산과 염기에 해당되고, 브뢴스테드-로우리 정의의 산과 염기도 루이스 정의의 산과 염기에 잘 맞으므로, 루이스의 정의가 가장 포괄적이라고 할 수 있다.



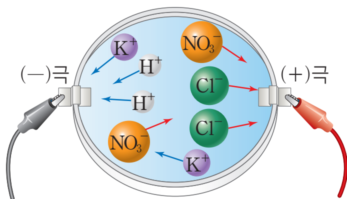
과학 돋보기

## ❀ 산의 이온화로 생성되는 수소 이온의 확인 실험

(1) **실험 과정** 페트리 접시에 까는 거름종이를 질산 칼륨($KNO_3$) 수용액으로 적시는 이유는 거름종이는 전류가 흐르지 않기 때문에 전류가 흐르도록 하기 위해서이다. 질산 칼륨은 색깔이 없는 중성 물질이므로 실험 결과에 영향을 주지 않는다.

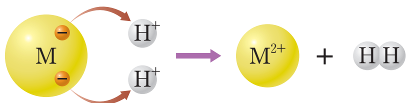
(2) **결과** (−)극 쪽에 떨어뜨린 BTB 용액이 노란색으로 변한다.

(3) **해석** (−)극 쪽의 BTB 용액이 노란색으로 변했으므로 가운데 떨어뜨린 염산으로부터 산성의 원인이 되는 것이 (−)극 쪽으로 이동한 것이다. 이때 (−)극 쪽으로 이동한 것은 전기적으로 (+)의 성질을 가지는데, 염산에는 수소 이온($H^+$)과 염화 이온($Cl^-$)이 존재하므로 (+)전하를 띠는 수소 이온이 산성의 원인이다.




## ❀ 산 수용액과 금속의 반응

금속(M)에서 나온 전자가 산 수용액에 있는 수소 이온($H^+$)으로 이동하여 금속은 양이온($M^{2+}$)이 되고, 수소 이온은 수소 기체($H_2$)가 된다.

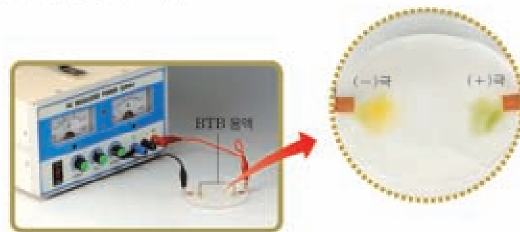



금속(M)에서 수소 이온으로 전자가 이동하는 중간 과정에서 전자는 금속 이온과 수소 이온 중 어느 한 쪽을 선택하게 된다. 따라서 금속 이온이 수소 이온보다 전자를 얻기 쉽다면 수소 기체가 발생하지 않는다. 이와 같은 금속에는 구리, 수은, 은, 백금, 금 등이 있다.

> **스스로 해결하기**
> 수용액에서 이온화하여 수소 이온을 내는 물질을 ( 산 )(이)라고 한다.

### 산성이 나타나는 이유

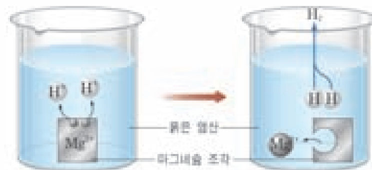
산의 수용액에서 전류가 흐르는 것은 산의 수용액에 이온이 존재하기 때문이다. 페트리 접시에 질산 칼륨 수용액을 적신 거름종이를 깔고 직류 전원에 연결한 후 거름종이의 중앙에 묽은 염산을 2~3방울 떨어뜨린 다음, 양쪽 전극 가까이에 BTB 용액을 떨어뜨리면 (−)극 쪽에서 노란색으로 변한다. 묽은 염산 외에 다른 종류의 산을 사용하여도 결과는 같다. 이를 통해 산이 수용액에서 공통적인 양이온을 내는 것을 알 수 있다.




❸ 그림 Ⅰ-6 산의 이온화로 생성되는 수소 이온의 확인

용어 **BTB 용액의 색 변화** BTB 용액은 산성 용액에서는 노란색, 중성 용액에서는 초록색, 염기성 용액에서는 파란색을 나타낸다.

금속과 산을 반응시키면 공통적인 양이온이 무엇인지를 알 수 있는데, 산의 수용액에 마그네슘이나 아연 등의 금속을 넣으면 금속이 녹으면서 수소 기체가 발생한다. 이것은 산이 내놓은 수소 이온이 금속으로부터 전자를 받아 수소 기체가 되기 때문이다. 이때 금속은 양이온이 되어 수용액에 녹는다.




❸ 그림 Ⅰ-7 산 수용액과 마그네슘의 반응

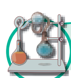
이를 통해 산의 공통적인 성질은 수소 이온에 의한 것임을 알 수 있다. **산**은 수용액에서 이온화하여 수소 이온($H^+$)을 내는 물질이며, 수소 이온에 의하여 산성이 나타난다.




❸ 그림 Ⅰ-8 염산의 이온화

> **스스로 해결하기**
> 수용액에서 이온화하여 수소 이온을 내는 물질을 (      )(이)라고 한다.

212 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응



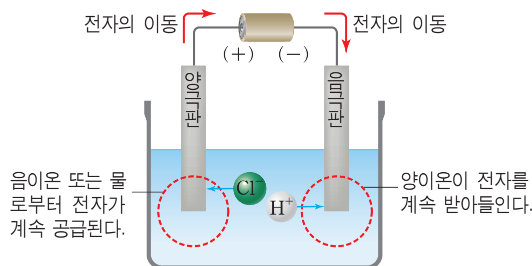
학습 자료실

## ❀ 산의 이온화

산은 수용액에서 수소 이온($H^+$)과 음이온으로 이온화한다. 모든 산에서 공통으로 나타나는 성질인 산성은 수소 이온($H^+$)에 의해 나타나고, 산의 종류에 따라 독특한 성질이 나타나는 것은 음이온 때문이다.

## ❀ 산 수용액에서 전류가 흐르는 이유

산 수용액에서 전류가 흐르는 것은 전자가 계속 이동하기 때문이다. 즉, 다음 그림과 같이 양이온과 음이온에 의해 전자가 계속 이동하므로 전류가 흐른다.



산이 수용액에서 수소 이온을 내는 정도는 산의 종류에 따라 다르다. 염산, 황산, 질산 등은 물에 녹으면 거의 이온화하지만, 아세트산은 적은 양만 이온화하고 대부분 분자 그대로 녹아 있다. 따라서 서로 다른 산 수용액에 마그네슘 조각을 넣으면 이온화가 잘되는 산 수용액에서 수소 기체가 더 많이 발생하면서 격렬하게 반응한다.

**탐구 산 수용액과 금속의 반응**
서로 다른 산 수용액에 마그네슘 조각을 넣어 발생하는 수소 기체의 양을 비교하기 위해서는 수용액의 농도와 마그네슘 조각의 크기가 같아야 한다.




그림 Ⅴ-9 산의 종류에 따른 이온화 모형

염산, 질산 등과 같이 물에 녹아 이온화가 잘되는 산을 **강산**, 아세트산과 같이 이온화가 잘되지 않는 산을 **약산**이라고 한다. 같은 농도의 산 수용액의 경우에도 강산의 수용액일수록 강한 산성을 나타내는데, 이는 이온화가 더 잘되어 수소 이온의 수가 상대적으로 많기 때문이다.

여러 가지 산들이 물에 녹아 이온화되는 과정을 이온 반응식으로 나타내면 다음과 같다. 염산이나 아세트산 등은 1개의 분자에서 1개의 수소 이온을 생성하지만, 황산과 같이 1개의 분자에서 2개의 수소 이온을 생성하는 경우도 있다.

**더 자세히**
산의 종류에 따라 산의 세기가 다르다.

강산
$H_2SO_4$ 황산
$HCl$ 염산
$HNO_3$ 질산
$CH_3COOH$ 아세트산
$H_2CO_3$ 탄산
약산

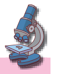
표 Ⅴ-1 산의 이온 반응식

| 산성 용액 | ⟶ | 양이온 | + | 음이온 |
|---|---|---|---|---|
| $HCl$ 염산 | ⟶ | $H^+$ 수소 이온 | + | $Cl^-$ 염화 이온 |
| $CH_3COOH$ 아세트산 | ⟶ | $H^+$ 수소 이온 | + | $CH_3COO^-$ 아세트산 이온 |
| $HNO_3$ 질산 | ⟶ | $H^+$ 수소 이온 | + | $NO_3^-$ 질산 이온 |
| $H_2SO_4$ 황산 | ⟶ | $2H^+$ 수소 이온 | + | $SO_4^{2-}$ 황산 이온 |

잠깐 체크 수용액이 산성을 나타내도록 하는 이온은 무엇인가?

1. 산과 염기의 반응 213

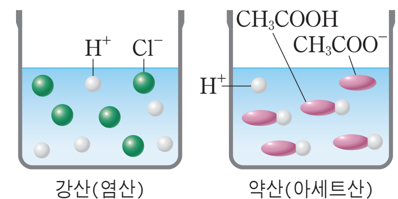


## 산의 세기

(1) **강산과 약산** 산은 종류에 따라 이온화하는 정도가 다르다. 이온화가 잘되는 산은 강산, 이온화가 잘되지 않는 산은 약산이며, 강한 것과 약한 것은 상대적이지만 거의 대부분 이온화하는 염산, 황산, 질산은 강산이고, 아주 적은 양만 이온화하는 아세트산은 약산이다. 아세트산의 경우 이온화하는 분자 수는 약 1 %이다. 참고로 황산의 이온화 과정은 일반적으로 $H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$로 표현하지만 수용액에서는 거의 모두 $H_2SO_4 \longrightarrow H^+ + HSO_4^-$로 이온화한다.

(2) **강산과 약산 수용액의 이온화 모형**




(3) **산성의 세기** 수용액이 나타내는 산성의 세기는 수용액 중의 수소 이온 농도에 의해서 결정된다. 산성의 세기는 같은 농도에서는 강산의 수용액이 더 강하지만, 강산의 수용액이 묽고 약산의 수용액이 진한 경우에는 약산의 수용액이 더 강할 수도 있다.

(4) **수소 이온 농도** 수용액이 나타내는 산성의 세기는 수소 이온 농도에 의해서 결정된다. 따라서 수용액의 산성의 세기를 비교하기 위해서는 수소 이온 농도를 나타내야 한다. 이때 농도는 단위 부피당 수소 이온의 수로 나타낸다. 그러나 대부분 수소 이온 농도가 너무 작아서 사용하기 불편하기 때문에 pH를 사용하기도 한다. 수소 이온 농도가 클수록 pH는 작다. pH는 뒤의 '1-3 중화 반응'에서 다룬다.

**잠깐 체크**

산의 이온화로 생성된 수소 이온($H^+$)이다.

## 심화 학습 반응 속도와 생성 물질의 양

생성 물질의 양은 반응이 더 이상 일어나지 않을 때까지 생성된 물질의 양을 의미하며, 반응 속도는 단위 시간당 생성된 물질의 양을 나타낸다. 따라서 생성 물질이 많이 생긴다는 것과 반응 속도가 빠르다는 것은 같은 의미가 아니다.

산과 금속이 반응하는 경우 생성되는 수소 기체의 양은 반응하는 산이나 금속의 양에 따라 달라진다. 따라서 산의 세기를 비교하기 위해서는 반응 속도를 비교해야 한다. 금속의 조건이 같을 때 강산의 수용액에는 수소 이온이 많으므로 반응이 빨리 일어나고, 약산의 수용액에는 수소 이온이 적으므로 반응이 느리게 일어난다. 교과서의 사진은 특정 순간에 발생하는 기체의 양을 보여주고 있으므로 시험관에서 발생하는 기포는 반응 속도를 나타내는 것이다.

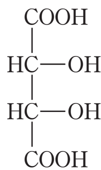
금속과 산이 반응할 때 수소 기체가 발생하여 수소 이온이 감소하면 이온화하지 않은 산 분자들이 이온화하여 금속과 반응하기 때문에 더 이상 이온화할 산 분자들이 없을 때까지 반응이 일어난다. 따라서 산의 세기는 생성 물질(수소 기체)의 양과는 관계가 없는 것이다.



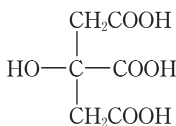
## 과학 둘보기

### ❀ 여러 가지의 산

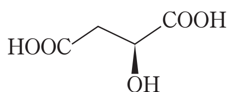
(1) **타타르산** 포도를 발효시킬 때 부산물로 얻어져 주석산이라고도 한다. 무색의 기둥 모양 결정으로 물에 쉽게 녹는다. 탄산음료나 과일 젤리에서 신맛을 내는 산미료로 널리 이용되며 금속의 세척 및 광택, 날염 인쇄, 모직 염색, 사진의 인화와 현상 과정 등 공업용으로도 많이 쓰인다.



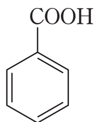

(2) **시트르산** 구연산이라고도 하며, 감귤류의 과일에 특히 많이 들어 있는 약한 유기산이다. 이는 자연적인 보존제이며, 음식이나 음료수에 산성 또는 신맛을 첨가하기 위해 사용한다. 또한 시트르산은 환경 친화적인 청소제로 쓰이며, 커피포트 등의 굳은 석회질을 녹이는 데에도 쓰인다.




(3) **말산** 사과산이라고도 하며 사과, 포도 등에 들어 있는 유기산의 하나로, 무색의 바늘 모양 결정이다. 신맛이 나고, 물과 알코올에 잘 녹는다.




(4) **벤조산** 각종 화장품, 염료, 플라스틱, 방충제의 제조와 식품 방부제로 널리 쓰이며, 식물에 많이 포함되어 있다. 순수한 벤조산은 122℃에서 녹고, 물에는 아주 약간만 녹는다. 벤조산의 유도체 중에서 벤조산 나트륨은 방부제로 쓰이고, 벤조산 벤질은 진드기약으로 쓰이며, 과산화벤조일은 표백제나 특정 플라스틱을 만들기 위한 화학 반응을 일으키는 데 쓰인다.

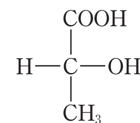



(5) **탄산**($H_2CO_3$) 이산화 탄소가 물에 녹아 생성되는 산으로, 탄산의 수용액을 탄산수라고 한다. 탄산은 약산으로, 이온화할 수 있는 수소가 분자당 2개이다.

(6) **아세트산**($CH_3COOH$) 천연 탄수화물이 발효와 산화 과정을 거쳐 생성된 묽은 아세트산 수용액을 식초라고 한다. 식초에서 나는 신맛이 아세트산에 의한 것으로 식초에는 아세트산이 약 4 % 포함되어 있으며, 아세트산은 식초에 들어 있어 초산이라고도 한다. 생물학적으로 아세트산은 물질대사 과정의 중간 생성물이며, 체액과 식물의 추출액 등 천연에서도 생성되며 공업적으로도 매우 중요한 물질이다.

순수한 아세트산은 빙초산이라고도 하며 부식성이 있는 무색의 액체로 끓는점은 117.9℃, 녹는점은 16.6℃이며 물과 잘 섞인다. 빙초산은 독성이 강해 피부에 닿으면 염증을 일으키므로 주의해야 한다.

(7) **락트산** 젖산이라고도 하며 시큼한 우유, 치즈, 버터밀크와 같은 발효 유제품에 가장 많은 산성 성분이다.




가죽을 무두질하거나 모직물을 염색하는 데 사용되며 치즈, 샐러드 소스, 피클, 탄산음료 등의 향료와 방부제로 사용되고 화학 반응의 원료나 촉매로도 사용된다. 18℃에서 녹는 무색의 투명한 결정체이며, 대기로부터 습기를 빠르게 흡수한다. 그러나 순수한 젖산은 거의 만들지 않는다.

젖산은 글리코겐이 근육에서 분해될 때 혈액에서 유산염이라는 염의 형태로 발생하며, 간에서 글리코겐으로 다시 변할 수 있다.

**여러 가지 산**

신맛을 내는 과일에는 모두 같은 종류의 산이 들어 있을까?

사과나 오렌지, 딸기 등의 여러 가지 과일에는 서로 다른 종류의 산이 들어 있지만 신맛은 공통적으로 느낄 수 있다.







그림 1-10 과일 속에 들어 있는 주요 산의 종류

이 밖에도 이산화 탄소는 물에 녹으면 탄산이 되는데, 청량음료에는 탄산이 들어 있어 톡 쏘는 맛을 즐기는 사람들이 많이 마신다. 또 음식을 할 때 신맛을 내기 위해 사용하는 식초에는 아세트산이 들어 있고, 잘 익은 김치에는 주로 락트산이 들어 있다.










그림 1-11 산성을 띠는 음식의 종류

음식에 들어 있는 산 이외에도 염산, 황산, 질산 등이 있다. 염산은 색깔이 없고 자극성이 강한 염화 수소(HCl) 기체를 물에 녹여 만든다. 위에서도 분비되는 염산은 조미료나 염료 등의 원료로 사용되기도 하며, 단백질의 소화를 돕고 살균 작용을 한다. 또 화장실에서 나는 냄새를 제거할 때 염산을 아주 묽게 희석해서 사용하기도 한다.

214 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

진한 황산은 물질의 성분 중에서 물을 뽑아내는 탈수 작용을 한다. 설탕에 진한 황산을 가하면 설탕이 부풀어 오르면서 검게 변하는 것을 볼 수 있는데, 이는 설탕이 물을 빼앗기고 탄소 성분만 남기 때문이다. 실험실에서는 진한 황산을 데시케이터에 넣어 시약을 건조시키는 데 이용하기도 한다. 황산을 다룰 때에는 피부나 옷에 닿지 않도록 주의해야 한다.





그림 Ⅴ-12 설탕에 진한 황산을 가했을 때의 변화

그림 Ⅴ-13 데시케이터

**과학 자료실** 산을 이용한 에칭

산이 금속을 부식시키는 작용을 이용한 판화의 한 기법을 에칭이라고 한다. 에칭은 독일어의 '먹는다'라는 말에서 유래하였으며, 표현하고자 하는 선을 도구로 파내지 않고 산을 이용해 금속판을 부식시켜 나타낸다.

우선 산의 부식 작용을 방지하기 위해 금속판 전체에 그라운드(또는 내산성 방식제)라는 물질을 입힌다. 그 다음 에칭 바늘로 그림을 그리면 그라운드가 벗겨지면서 금속이 드러난다. 이 판을 산이 담긴 용기에 담그면 드러난 금속 부분만 부식되는데, 이때 산의 농도 또는 부식 시간에 따라 표현이 달라진다. 마지막으로 부식된 부분에 잉크를 바르고 인쇄하면 작품이 완성된다.

에칭 동판화

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기** 산의 정의를 쓰고, 산의 특징을 2~3가지만 써 보자.

**과학과 기술, 사회 연관 짓기** 진한 황산의 탈수 작용에 대해 알아보고, 진한 황산이 주로 이용되는 분야를 조사해 보자.

1. 산과 염기의 반응 215

## 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

산은 물에 녹아 수소 이온($H^+$)을 내는 물질이다. 산은 금속과 반응하여 수소 기체를 발생하고, 푸른색 리트머스 종이를 붉은색으로 변화시키며, 수용액은 전류가 흐른다.

**▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기**

순수한 황산은 상온에서 무색의 액체로, 밀도는 1.84 g/mL이다.

진한 황산은 설탕과 같이 산소와 수소를 포함하는 물질로부터 산소 원자(O)와 수소 원자(H)를 물 분자($H_2O$) 형태로 만들어 빼앗는다. 이 반응을 탈수 작용이라고 한다.

설탕은 탄소, 수소, 산소로 이루어진 물질로, 설탕 분자로부터 산소 원자와 수소 원자를 제거하면 탄소 원자(C)만 남게 되는데 이것이 까맣게 보이는 물질, 즉 흑연 또는 숯이다. 이와 같이 진한 황산은 매우 강한 탈수 작용을 하므로 설탕 외에도 나무, 종이 등에 닿으면 이들 물질이 새까맣게 변하게 된다. 황산은 주로 공업 용품, 의약품, 비료, 폭약 등의 제조와 전지의 전해질 용액으로 사용된다.

(8) **황산**($H_2SO_4$) 황산의 성질은 농도와 습도에 따라 크게 달라진다. 묽은 황산은 질량 퍼센트 농도가 약 90 % 미만인 황산이다. 묽은 황산은 강산이지만 산화력과 탈수 작용이 없다. 진한 황산은 질량 퍼센트 농도가 약 90 % 이상인 황산으로 산으로서의 성질은 약하지만 흡습성이 강하기 때문에 강한 탈수 작용을 한다. 따라서 유기물에 접촉하면 수소와 산소를 물 분자의 형태로 빨아들인다. 따라서 황산이 피부에 닿으면 이와 같은 탈수 작용과 발열 때문에 화상을 입는다. 설탕에 진한 황산을 가하면 탈수 작용에 의해 탄소만 남아 검게 변하며 이때 발생된 열과 수증기로 인해 부피가 증가한다.

(9) **염산**(HCl) 염화 수소 기체가 물에 녹은 수용액으로, 산의 부식성 때문에 세라믹·유리 또는 탄탈 용기에 보관한다. 염산은 금속과 반응하여 수소 기체를, 염기성 산화물과 중화 반응하여 염화물과 물을, 약산의 염과 반응하여 약산을 생성한다. 그리고 염산은 사람의 위에서 분비되는 위산의 주요 성분이기도 하다. 위산은 강한 산성을 띤 환경을 만들어 음식물이 위로 들어왔을 때 세균을 죽이고 음식물이 부패하지 않도록 도와주는 역할을 한다. 그런데 위산이 과다하게 분비되면 위궤양을 일으키고, 부족하면 소화 장애와 빈혈을 일으키는 주원인이 된다.

대기 부피의 약 0.1 %의 염화 수소 기체에 노출되면 수 분 내에 사망할 수 있고, 진한 염산이 피부에 닿으면 화상을 입고 염증이 생긴다.

(10) **질산**($HNO_3$) 보통 실험용 시약과 비료 및 폭발물 제조에 사용되는 중요한 화학 약품이다. 독성이 있으며 심한 화상을 입힌다. 질산은 강산으로 수용액에서 수소 이온과 질산 이온으로 완전히 이온화하며, 강한 산화제이다.

질산의 중요한 반응으로는 암모니아와의 중화 반응으로 비료의 주성분인 질산 암모늄을 만들거나, 글리세롤 및 톨루엔과의 질산화 반응에 의해 폭발물인 나이트로글리세린과 트라이나이트로톨루엔(TNT)을 만드는 것이 있다.

# 1-2 염기의 성질

## 학습 내용 안내

(1) 우리 주변에서 볼 수 있는 염기의 예를 찾아본다.
(2) 염기가 공통적으로 나타내는 성질(염기성)에 대해 설명한다.
(3) 염기성이 나타나는 이유를 설명한다.
(4) 강염기와 약염기의 정의와 해당하는 염기의 종류를 설명한다.
(5) 수용액에서 염기의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타낸다.
(6) 여러 가지 염기의 종류와 특징을 설명한다.

## 학습 전개

염기가 붉은색 리트머스 종이와 페놀프탈레인 용액의 색깔 변화, 단백질과의 반응 등에서 나타내는 공통적인 성질인 염기성을 알게 한다.



염기의 정의와 이온의 이동 실험을 통해 염기가 공통적인 성질을 나타내는 이유를 이해하도록 지도한다.



염기를 강염기와 약염기로 분류하는 기준을 알고, 수용액에서 염기의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타낼 수 있도록 한다.



수산화 나트륨, 수산화 칼슘, 암모니아 등 여러 가지 염기의 종류와 특징을 알게 한다.

찾아보기

- 사이언스올
  http://www.scienceall.com
- LG 사이언스랜드
  http://www.lg-sl.net



## 1-2 염기의 성질

비누와 같은 세탁 세제가 없던 옛날에 우리 조상들은 잿물을 이용하여 빨래를 하였다. 잿물은 나무나 볏짚을 말려서 태웠을 때 생긴 재를 시루와 같이 구멍이 있는 그릇에 넣고 물을 부어 걸러 낸 물이다.

잿물에는 어떤 물질이 들어 있어서 빨래할 때 이용되었던 것일까?



학습 목표

- 우리 주변에서 볼 수 있는 염기의 예를 찾아보고, 그 특징을 말할 수 있다.
- 수용액에서 염기의 이온화 과정을 이온 반응식으로 나타낼 수 있다.

요즘에는 가정에서 세탁을 할 때 잿물 대신 비누나 세제를 사용한다. 옛날의 잿물이나 요즘의 비누를 세탁을 하는 데 사용한 것을 통해 잿물과 비누에 공통 성분이 들어 있음을 알 수 있다.

### 쓴맛이 나고 미끈거리는 물질

우리 조상들이 잿물을 사용하여 빨래를 할 수 있었던 것은 잿물 속에 기름이나 때를 녹이는 물질이 들어 있기 때문이다. 마찬가지로 비누나 가루 또는 액체로 만들어진 여러 가지 종류의 세제에도 기름이나 때를 녹이는 물질이 들어 있다. 이들은 손이나 피부에 묻으면 미끈거리고 쓴맛이 난다. 이와 같이 잿물이나 비누 등이 공통된 성질을 나타내는 것은 염기가 들어 있기 때문이다.

염기는 또 어떤 성질을 가지고 있을까?

염기성 물질의 쓴맛
잿물이나 비누, 세척제 등에 들어 있는 염기는 쓴맛을 나타내므로, 함부로 맛을 보아서는 안 된다.



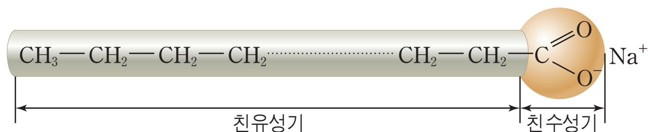

그림 Ⅰ-14 세제의 다양한 쓰임새



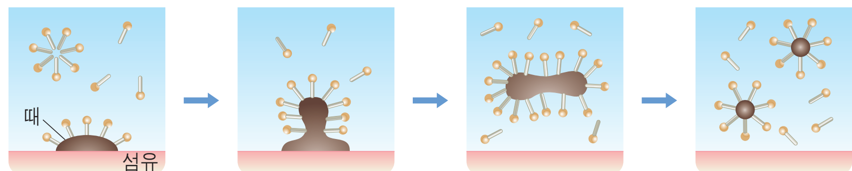
## 관련 지식

### 비누

**(1) 비누의 구조** 물과 잘 섞이는 친수성기와 기름과 잘 섞이는 친유성기로 이루어져 있다.




**(2) 비누의 세척 작용**




① 비누가 물속에서 때를 만나면 친유성기는 때를 둘러싸고 친수성기는 물쪽을 향한다.
② 때는 비누의 친유성기로 둘러싸여 작은 조각으로 나누어져 물속에 분산된다.
③ 떨어져 나온 때 조각들은 섬유에 달라붙지 못하고 서로 뭉치거나 물에 의해 씻겨 나가게 된다.

## 염기의 성질

염기의 수용액에 붉은색 리트머스 종이를 대면 푸른색으로 변하고, 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.



그림 Ⅴ-15 붉은색 리트머스 종이와 페놀프탈레인 용액의 색 변화

염기는 단백질을 녹이는 성질이 있어서 수산화 나트륨 수용액에 머리카락을 넣고 가열하면 머리카락이 잘게 나누어지며 녹는다.

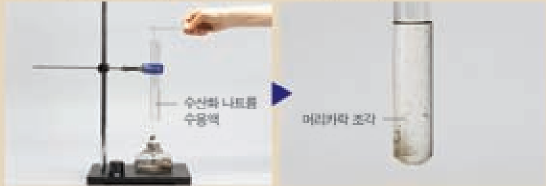



그림 Ⅴ-16 수산화 나트륨 수용액과 머리카락의 반응

염기의 수용액도 산의 수용액과 마찬가지로 전류를 잘 흐르게 한다. 이를 통해 산과 염기는 모두 물에 녹아 전류를 흐르게 하는 전해질임을 알 수 있다.



그림 Ⅴ-17 염기 수용액의 전기 전도성

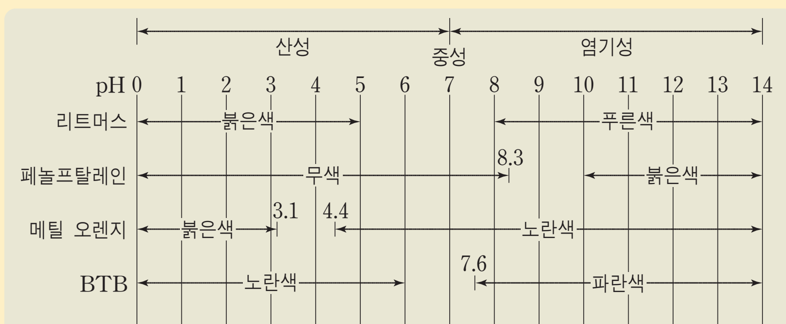
염기는 붉은색 리트머스 종이를 푸른색으로 변화시키고 단백질을 녹이며, 수용액에서는 전류가 흐르는 등 공통적인 성질을 나타내는데 이를 **염기성**이라고 한다.

잠깐 체크 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 붉게 변하는 수용액에 붉은색 리트머스 종이를 담그면 어떤 변화가 일어나는가?

1. 산과 염기의 반응 217

## 심화 학습 지시약의 변색 범위

지시약의 변색 범위와 색깔로 염기성을 확인하고자 할 때에는 메틸 오렌지 용액을 사용할 수 없다. 메틸 오렌지 용액은 pH 4.4 이상에서 노란색을 나타내므로 산성(pH 4.4~7.0), 중성(pH 7.0), 염기성(pH 7.0 이상)을 구별할 수 없기 때문이다.




지시약의 변색 범위






### 염기의 공통적인 성질

(1) **지시약의 색깔 변화** 염기의 수용액에서 붉은색 리트머스 종이와 BTB 용액은 파란색, 페놀프탈레인 용액은 붉은색을 나타낸다.

(2) **단백질과의 반응** 염기는 단백질을 녹인다. 단백질은 많은 수의 아미노산이 연결되어 만들어진 것으로, 염기에 의해 분해되기 때문이다. 세면대가 막혔을 때 사용하는 세제는 강한 염기성 물질이 주원료인데, 세면대가 막히는 주원인이 머리카락이므로 강한 염기성 물질이 머리카락을 녹여 막힌 세면대를 뚫어 준다.

(3) **수용액의 전기 전도성** 염기 수용액은 전류가 흐른다. 염기는 물에 녹아서 양이온과 음이온(수산화 이온)으로 이온화하며, 수용액에서 이온들이 자유롭게 이동하므로 전류가 흐른다. 염기의 경우도 이온화가 잘되는 것은 강염기, 이온화가 잘 되지 않는 것은 약염기이다.

(4) **금속과의 반응** 대부분의 염기는 금속 이온과 수산화 이온으로 이루어진 금속의 수산화물로, 금속과 반응하지 않는다. 금속 수산화물의 대부분은 물에 녹지 않지만 수산화 나트륨, 수산화 칼륨 등과 같이 반응성이 강한 금속의 수산화물은 물에 녹아서 염기성을 나타낸다. 따라서 반응성이 큰 금속이 녹아 있는 염기성 용액에 다른 금속을 넣어도 반응이 일어나지 않는다.

참고로 금속 중에서 알루미늄, 아연, 납, 주석 등은 산과 반응하여 수소 기체를 발생하고, 염기와도 반응하여 수소 기체를 발생한다. 이와 같이 산과도 반응하고, 염기와도 반응하는 원소를 양쪽성 원소라고 한다.

**잠깐 체크**

페놀프탈레인 용액을 붉게 변화시키는 것은 염기이므로, 붉은색 리트머스 종이를 담그면 푸른색으로 변한다.



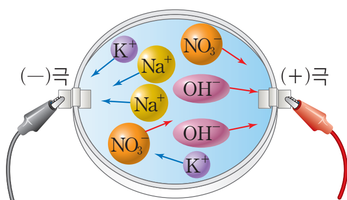
과학 돋보기

### ❀ 염기의 이온화로 생성되는 수산화 이온의 확인 실험

(1) **실험 과정** 페트리 접시에 까는 거름종이를 질산 칼륨($KNO_3$) 수용액으로 적시는 이유는 전류가 흐르지 않는 거름종이에 전류가 흐르도록 하기 위해서이다. 질산 칼륨은 색깔이 없으며, 중성 물질이기 때문에 실험 결과에 영향을 미치지 않는다.

(2) **결과** (+)극 쪽에 떨어뜨린 페놀프탈레인 용액이 붉은색으로 변한다.

(3) **해석** (+)극 쪽의 페놀프탈레인 용액이 붉은색으로 변했으므로 가운데 떨어뜨린 수산화 나트륨 수용액으로부터 염기성의 원인이 되는 것이 (+)극 쪽으로 이동한 것이다. 이때 (+)극 쪽으로 이동한 것은 (−)의 성질을 가지는데, 수산화 나트륨에는 나트륨 이온($Na^+$)과 수산화 이온($OH^-$)이 존재하므로 (−)전하를 띠는 수산화 이온이 염기성의 원인이다.




(4) **유의점**

① 이 실험은 염기의 공통적인 성질을 나타내는 것이 음이온 때문임을 확인하는 것이므로 지시약으로 페놀프탈레인 용액 대신 리트머스 용액이나 BTB 용액 등을 사용할 수 있다. 그러나 메틸 오렌지 용액은 염기성 여부를 판단할 수 없으므로 이 실험에는 적합하지 않다.

② 두 전극 사이가 너무 멀면 이동하면서 염기의 농도가 묽어지므로 실험 결과가 잘 나타나지 않을 수 있다. 그러므로 전극 사이의 거리가 적당하도록 장치한다.

**스스로 해결하기**

산은 수용액에서 ( 수소 ) 이온을 내놓고, 염기는 ( 수산화 ) 이온을 내놓는다.

---

**염기성이 나타나는 이유**

염기의 공통적인 성질들이 나타나는 이유는 무엇일까?

산이 수용액에서 수소 이온을 내는 것처럼 **염기**는 수용액에서 수산화 이온($OH^-$)을 내놓는다. 염기의 공통적인 성질은 수산화 이온 때문에 나타난다.

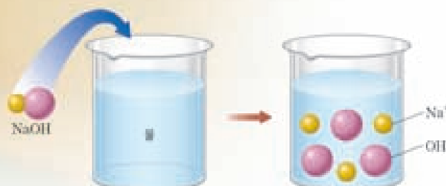



그림 Ⅰ-18 수산화 나트륨의 이온화

질산 칼륨 수용액을 적신 거름종이의 중앙에 묽은 수산화 나트륨 수용액을 떨어뜨린 후 양쪽 전극 가까이에 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨리고 직류 전원을 연결하면 (+)극 쪽의 페놀프탈레인 용액이 붉게 변한다. 이는 (−)전하를 띤 수산화 이온이 (+)극 쪽으로 끌려가기 때문이다. 수산화 나트륨 대신 수산화 칼륨 등 다른 종류의 염기를 사용하여도 같은 결과가 나타난다.

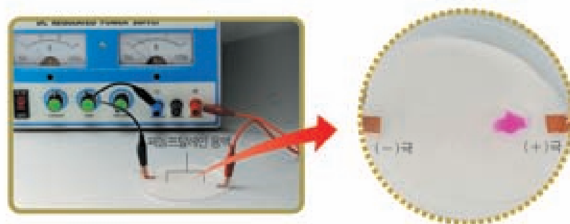



그림 Ⅰ-19 염기의 이온화로 생성되는 수산화 이온의 확인

스스로 해결하기
산은 수용액에서 ( ) 이온을 내놓고, 염기는 ( ) 이온을 내놓는다.

염기는 수용액에서 수산화 이온을 내지만 수산화 이온을 내는 정도는 염기의 종류에 따라 다르다. 꼬마전구가 연결된 전원 장치의 전극을 같은 농도의 서로 다른 염기 수용액에 담갔을 때 불빛의 세기로 이를 확인할 수 있다. 수산화 나트륨 수용액과 암모니아수에 전극을 넣으면 수산화 나트륨 수용액에서 꼬마전구의 불빛이 더 밝게 빛난다. 이는 암모니아수보다 수산화 나트륨 수용액에서 수산화 이온이 더 많이 생성되기 때문이다.

218 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

---

심화 학습

### 염기의 용해도

아레니우스의 정의에 따르면 염기는 수산화 이온을 포함하고 있는 금속의 수산화물이므로 일반적인 화학식은 $M(OH)_n$이다.(단, M은 금속을 나타내는 일반적인 기호이고, $n$은 염기마다 화학식에 포함된 $OH^-$의 수가 다르므로 임의의 수를 나타내는 기호이다.)

금속의 수산화물은 대부분 물에 녹지 않거나 녹는 양이 적으므로 우리 주변에 있는 염기의 종류는 산에 비해서 많지 않다. 다음 표는 몇 가지 염기의 용해도를 나타낸 것이다.

| 염기 | 용해도(g/물 100 g) | 염기 | 용해도(g/물 100 g) |
|---|---|---|---|
| $NaOH$ | 114 | $Mg(OH)_2$ | 0.0012 |
| $KOH$ | 119 | $Ca(OH)_2$ | 0.12 |
| $Cu(OH)_2$ | 녹지 않음 | $Ba(OH)_2$ | 4.7 |

위의 표에서 알 수 있듯이 염기 중에서 알칼리 금속(1족 원소로 Li, Na, K, Rb, Cs 등)의 수산화물은 물에 잘 녹고, 알칼리 토금속(2족 원소로 Be, Mg, Ca, Sr, Ba 등)의 수산화물은 물에 약간 녹는다. 그 외의 금속 수산화물은 물에 녹지 않는다.




그림 Ⅰ-20 수산화 나트륨 수용액과 암모니아수의 불빛 세기 비교

수산화 나트륨(NaOH), 수산화 칼륨(KOH), 수산화 바륨($Ba(OH)_2$) 등과 같이 이온화가 잘되는 염기를 **강염기**라고 하고 암모니아($NH_3$), 수산화 구리($Cu(OH)_2$) 등과 같이 이온화가 잘되지 않는 염기를 **약염기**라고 한다.

**암모니아의 이온화**
암모니아는 물에 매우 잘 녹는데, 물에 녹은 암모니아는 일부분이 물과 반응하여 암모늄 이온($NH_4^+$)과 수산화 이온($OH^-$)을 생성한다. 따라서 암모니아는 수산화 암모늄을 거쳐 이온화하여 수산화 이온을 낸다.

$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH$
$NH_4OH \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$



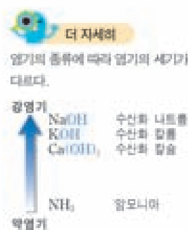

그림 Ⅰ-21 염기의 종류에 따른 이온화 모형

이와 같이 여러 가지 염기가 물에 녹아서 이온화되는 과정을 이온 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

표 Ⅰ-2 염기의 이온 반응식

| 염기성 용액 | → | 양이온 | + | 음이온 |
|---|---|---|---|---|
| NaOH<br>수산화 나트륨 | → | $Na^+$<br>나트륨 이온 | + | $OH^-$<br>수산화 이온 |
| KOH<br>수산화 칼륨 | → | $K^+$<br>칼륨 이온 | + | $OH^-$<br>수산화 이온 |
| $NH_4OH$<br>수산화 암모늄 | → | $NH_4^+$<br>암모늄 이온 | + | $OH^-$<br>수산화 이온 |
| $Ca(OH)_2$<br>수산화 칼슘 | → | $Ca^{2+}$<br>칼슘 이온 | + | $2OH^-$<br>수산화 이온 |

**더 자세히**
염기의 종류에 따라 염기의 세기가 다르다.




1. 산과 염기의 반응 219

## 심화 학습 염기성의 세기 구분

수산화 이온의 농도를 이용하여 염기성의 세기를 비교할 수 있는데, 수산화 이온의 농도가 작아서 불편할 경우에는 pOH(수산화 이온 농도 지수)를 사용할 수 있다. pOH는 수산화 이온 농도 역수의 상용로그 값으로, $pOH = -\log[OH^-]$로 나타낼 수 있다.

수소 이온 농도 지수인 pH와 pOH는 일정한 관계가 있는데, 25℃에서 두 값의 합은 항상 14이다.

$$pH + pOH = 14 (25℃에서)$$

따라서 염기의 경우도 pOH가 아닌 pH를 사용하여 염기성의 세기를 나타낼 수 있으며, 대부분의 경우는 pH를 사용한다. 이때에는 pH가 7보다 클 때 염기성이며, pH가 클수록 강한 염기성이다.

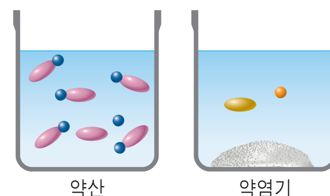



## 과학 돋보기

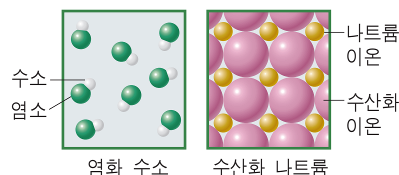


### 염기의 세기

**(1) 이온화의 정도에 따른 구분** 염기도 수용액에서 이온화하므로 전해질의 일종이다. 따라서 이온화가 잘되는 것은 강염기, 이온화가 잘되지 않는 것은 약염기이다. 산의 경우는 물에는 녹지만 이온화되지 않는 분자가 있으나 금속의 수산화물 형태인 염기는 물에는 녹지만 이온화하지 않는 것은 없다. 즉, 물에 녹은 것은 모두 이온화한 것이고, 이온화하지 않은 것은 모두 물에 녹지 않은 것이다. 따라서 염기의 이온화 정도는 용해도와 밀접한 관련이 있다.




산과 염기에서 이러한 차이가 나타나는 이유는 산의 경우 분자로 이루어진 분자성 물질이지만 염기의 경우는 이온으로 이루어진 물질이기 때문이다.




염화 수소와 수산화 나트륨의 존재 형태

단, 암모니아의 경우는 금속 수산화물이 아니며, 수산화 이온을 가지고 있지 않으므로 금속 수산화물 형태의 염기와는 차이가 있다.

**(2) 수산화 이온의 농도에 따른 구분** 염기의 성질을 나타내는 것이 수산화 이온이므로 염기성의 세기는 수산화 이온의 농도(단위 부피당 수산화 이온의 수)로 나타낼 수 있다. 같은 조건일 때에는 용해도가 큰 염기가 강염기이지만, 용해시킨 염기의 양이 서로 다르면 수산화 이온의 농도로 염기성의 세기를 비교해야 한다.

## 과학 돋보기



### ❀ 여러 종류의 염기

(1) **수산화 나트륨**(NaOH)　물에 녹으면 강한 염기성 수용액이 되며, 화학 실험에서 가장 널리 사용되는 염기이고 제지, 식음료, 비누 등의 산업에서 사용된다.

순수한 수산화 나트륨은 흰색 고체로 대기 중에서 수증기와 이산화 탄소를 흡수하며, 온도와 관계없이 물에 잘 녹는다. 수산화 나트륨 수용액을 병에 넣어 두면 병의 입구에 흰색 고체가 생기는 것을 볼 수 있는데, 이 흰색 고체는 탄산 나트륨 결정으로, 수산화 나트륨이 공기 중의 수분을 흡수하여 생성된 것이다. 고체 수산화 나트륨이나 고농도의 수산화 나트륨 수용액은 화학적 화상을 일으킬 수 있으며, 영구적인 상처나 실명을 일으킬 수 있다.

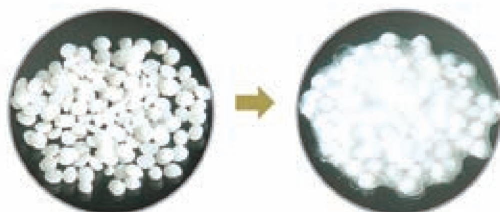
공기 중의 수분을 흡수하여 그 수분에 스스로 녹는 성질을 조해성이라고 하는데, 수산화 나트륨은 조해성이 있다.

(2) **수산화 칼슘**($Ca(OH)_2$)　물에 잘 녹지 않는 흰색 가루로, 1 L의 물에 0.82 g만 녹는다. 그러나 녹은 수산화 칼슘은 이온화가 잘되어 강한 염기성을 나타낸다. 수산화 칼슘이 녹아 있는 수용액을 석회수라고 하는데, 석회수는 이산화 탄소를 검출하는 데 이용한다. 석회수 자체는 투명하지만 이산화 탄소를 통과시키면 흰색의 앙금인 탄산 칼슘($CaCO_3$)이 생성되어 수용액이 뿌옇게 흐려지므로 이산화 탄소를 검출할 수 있다.

(3) **암모니아**($NH_3$)　수산화 나트륨이나 수산화 칼륨은 이온화하여 수산화 이온을 내놓지만, 암모니아는 물과 반응하면 수산화 이온이 생성되어 염기성을 나타낸다. 암모니아는 물에 잘 녹지만 암모니아와 물의 반응은 잘 일어나는 반응이 아니다. 따라서 적은 양의 수산화 이온만 생성되어 약한 염기성을 나타내고, 대부분의 암모니아는 분자 상태로 물에 녹아 있다.

#### 여러 가지 염기

수산화 나트륨(NaOH)은 대표적인 염기로서, 공기 중에 놓아두면 공기에 포함된 수분을 흡수하여 스스로 녹는 성질이 있다. 수산화 나트륨은 폐식용유와 섞어 비누를 만들기도 하고, 하수구 세척액의 성분으로 사용되기도 한다.



❶ 그림 Ⅰ-22 수산화 나트륨의 수분 흡수

유리 세정제의 주성분인 암모니아는 기체 상태의 물질이지만 물에 매우 잘 녹으며, 비료나 폭탄을 만드는 중요한 원료로 사용된다.

석회는 산화 칼슘(CaO)이 주성분이며, 물과 반응하여 수산화 칼슘($Ca(OH)_2$)이 된다. 이 석회 반죽은 접착력이 뛰어나 성벽을 지을 때 돌과 돌을 단단하게 연결해 주는 역할을 하였고, 오늘날에도 시멘트를 만들 때 석회를 사용한다. 또 석회수라고 불리기도 하는 수산화 칼슘 수용액은 이산화 탄소 기체를 통과시키면 뿌옇게 흐려지므로 이산화 탄소 검출에도 이용한다.

한편, 봄이 되면 중국이나 몽골의 사막 지대에서 발생한 황사가 우리나라로 넘어와 많은 피해를 입힌다. 미세 먼지인 황사는 기계의 틈에 들어가 기계 장애를 일으키기도 하고 호흡기 질환을 비롯한 각종 질병의 원인이 되기도 한다. 그러나 염기성을 띠고 있어 산성화된 토양의 산성도를 감소시키는 효과를 내기도 한다.

❷ 그림 Ⅰ-23 남한산성_ 석회 반죽을 이용하여 지은 성벽 중의 하나이다.



자기 주도 학습

개념 확인하기: 염기의 정의를 쓰고, 염기의 특징을 2~3가지만 써 보자.

생활 속 문제 해결하기: 설거지를 하거나 빨래를 할 때 고무장갑을 끼는 것이 좋은 이유를 설명해 보자.

과학과 기술, 사회 연관 짓기: 예전에 우리 조상들은 벌레에 물리거나 벌에 쏘이면 묽은 암모니아수 대신 된장을 발랐다고 한다. 이는 된장의 어떤 성질을 이용한 것인지 설명해 보자.

220 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

### 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

염기는 물에 녹아 수산화 이온($OH^-$)을 내는 물질로, 쓴맛이 나고 붉은색 리트머스 종이를 푸른색으로 변화시키며, 물에 녹아 이온을 내놓기 때문에 전류를 흐르게 한다. 단백질을 녹이는 성질이 있어 머리카락이나 피부를 손상시킬 수 있다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

염기는 단백질을 녹이는 성질이 있으므로 염기성 세제가 피부에 닿으면 피부 조직을 손상시킬 수 있기 때문에 피부를 보호하기 위해 고무장갑을 끼는 것이 좋다. 요즘은 중성 세제가 널리 사용되고 있으며, 특히 주방용 세제는 대부분 중성 세제이다. 그러나 재생 비누 등을 사용한다면 피부에 접촉하는 것을 주의해야 한다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

벌레나 벌의 침을 이루는 주성분은 주로 폼산을 비롯한 산성 물질이다. 벌레에 물리거나 벌에 쏘인 통증을 제거하기 위해서는 이 산성 물질을 제거해야 하는데, 된장이 염기성 물질이므로 된장을 바르면 산의 수소 이온을 제거하여 통증을 완화할 수 있기 때문이다.

# 산성 식품과 알칼리성 식품

STEAM 융합

보통 산성 식품은 신맛을 내고, *알칼리성 식품은 쓴맛을 낼 것이라고 생각하기 쉽다. 그런데 신맛을 내는 사과는 대표적인 알칼리성 식품이다. 그러면 산성 식품과 알칼리성 식품을 어떻게 구별할 수 있을까?

산성 식품과 알칼리성 식품을 구별하는 것은 각 식품이 가진 맛과는 관계가 없고, 식품이 소화된 후에 생성되는 성분이 산성인지, 알칼리성인지에 따라 나누어진다. 식품의 연소 생성물을 물에 녹인 다음, 그 액성이 산성인지 또는 알칼리성인지에 따라 알아볼 수도 있다.

예를 들어 육류와 달걀, 생선 등은 황 · 인 · 염소 등의 성분이 많기 때문에 산성 식품이고, 채소와 과일은 나트륨 · 칼륨 · 칼슘 등의 성분이 많기 때문에 알칼리성 식품이다.

황 · 인 · 염소 등이 많이 들어 있는 산성 식품은 대사 과정에서 각각 황산, 인산, 염산을 생성한다. 단백질 · 인산 · 탄수화물 · 지방이 풍부한 식품은 다량의 이산화 탄소와 물을 방출하므로 산성 식품에 속한다.

반면, 오렌지나 감귤은 체내에서 대사되는 동안 알칼리성을 나타내기 때문에 알칼리성 식품에 속한다.



산성 식품

산성 식품을 먹는다고 몸이 산성 체질로 바뀌고, 알칼리성 식품을 먹는다고 알칼리성 체질로 바뀌는 것은 아니다. 우리 몸의 혈액은 어떤 식품을 먹어도 액성이 거의 일정하게 유지되기 때문이다. 따라서 산성 식품과 알칼리성 식품을 골고루 섭취하는 것이 좋다.

*알칼리: 염기 중에서 수산화 나트륨이나 수산화 칼륨과 같이 물에 잘 녹는 물질을 말한다.



알칼리성 식품

1. 산과 염기의 반응 221



**이런 실험도 가능해요!** 폐식용유로 비누 만들기

**| 준비물 |** 수산화 나트륨, 플라스틱 그릇 2개(큰 것, 작은 것), 젓는 막대, 고무장갑, 마스크

**| 만드는 방법 |**

① 폐식용유를 걸러서 불순물을 제거한다.

② 폐식용유에 수산화 나트륨 수용액을 적당량(폐식용유 부피의 $\frac{1}{4}$ 정도) 붓는다.

③ 약 40분간 일정하게 저어 준다.

④ 틀에 붓는다.

⑤ 완전히 굳으면 틀에서 떼어 내어 적당한 크기로 자른 후 사용한다.

**| 폐식용유로 비누를 만들어 사용할 때의 장점 |**

폐식용유를 그대로 버리면 식용유가 물보다 밀도가 작아 물 표면에 막을 형성하여 빛을 차단하며, 산소가 물에 녹는 것을 막아 용존 산소량을 감소시켜 물속의 생물이 죽고 부패하게 만든다. 따라서 폐식용유로 비누를 만들어 사용하면 폐식용유로 인한 수질 오염을 막을 수 있으며, 비누로 재생하여 사용함으로써 경제적으로도 이득을 준다.

융합 STEAM

**효과적인 수업을 위한 Tip**

산과 염기, 산성과 염기성에 대하여 학습한 상태이므로 다음과 같은 과제를 학생들에게 부여할 수 있다.

① 산, 염기, 산성, 염기성이라는 용어가 주변에서 사용되는 예 조사하기

② 산성 식품과 알칼리성 식품에 대하여 자신의 관점으로 조사하기

❀ **산성 식품과 알칼리성 식품** 산성 식품과 알칼리성 식품은 해당 식품의 액성을 기준으로 판단하는 것이 아니다. 식품은 몸속에서 연소와 비슷한 과정인 호흡 과정을 거치는데, 이때 연소 생성물과 같은 물질이 생성된다. 즉, 탄화수소를 연소하면 이산화 탄소와 물이 생성되는 것처럼 식품을 이루는 원소에 따라 생성되는 물질이 달라진다. 생성된 물질은 체내에 잔류하다가 배출되거나 계속 잔류하게 된다. 이때 생성되는 물질의 성질에 따라 해당 식품이 산성 식품인지 알칼리성 식품인지 판단하게 된다.

식품은 기본적으로 탄소, 수소, 산소를 포함하고 있으며 여기에 질소, 인, 황, 염소, 나트륨, 칼륨, 칼슘 등이 포함된다. 연소는 산소와 결합하여 산화물을 만드는 반응이다. 비금속 산화물은 물에 녹아 인산, 황산, 염산 등의 산을 만들며 금속 산화물은 물에 녹아 수산화 나트륨, 수산화 칼륨, 수산화 칼슘 등의 염기를 만든다. 따라서 포함하는 원소의 종류에 따라 산성 식품인지 알칼리성 식품인지 판단할 수 있다.

사람의 혈액은 완충 작용에 의하여 pH 7.35~7.45의 약한 염기성을 유지하고 있기 때문에 산이나 염기가 약간 들어간다고 해서 체액의 pH가 변하지 않는다. 체액의 pH가 변하면 생명을 유지할 수 없게 되므로 음식에 의해서 혈액이나 체액이 산성이나 알칼리성으로 바뀌지 않는다.

# 1-3 중화 반응

## 학습 내용 안내

(1) pH의 정의와 산성, 중성, 염기성을 구분하는 pH의 기준에 대해 설명한다.
(2) 액성에 따른 지시약의 색 변화를 설명하도록 한다.
(3) 중화 반응이 일어날 때 지시약의 색 변화와 온도 변화를 관찰하면서 용액의 성질을 설명한다.
(4) 중화 반응을 이온 모형과 이온 반응식으로 나타내고 설명한다.
(5) 여러 가지 산과 염기의 반응식을 나타내도록 한다.
(6) 생활 속에서 일어나는 중화 반응의 예를 찾는다.

## 학습 전개

pH가 산성과 염기성의 척도이고, 지시약으로 수용액의 액성을 판단한다는 것을 알게 한다.



중화 반응 실험을 하여 온도 변화와 지시약의 색 변화를 관찰하게 한다.



중화 반응을 이온 모형으로 나타내고, 이온 반응식으로 표현하도록 지도한다.



생활 속에서 일어나는 중화 반응의 예를 찾고, 원리를 설명할 수 있게 한다.

찾아보기

- The Science Times
  http://www.sciencetimes.co.kr
- 한국 교육 과정 평가원
  http://www.classroom.re.kr

Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

# 1-3 중화 반응



학습 목표
- 중화 반응이 일어날 때 지시약의 색 변화와 온도 변화를 관찰하면서 용액의 성질을 설명할 수 있다.
- 중화 반응을 이온 모형과 이온 반응식으로 나타낼 수 있다.

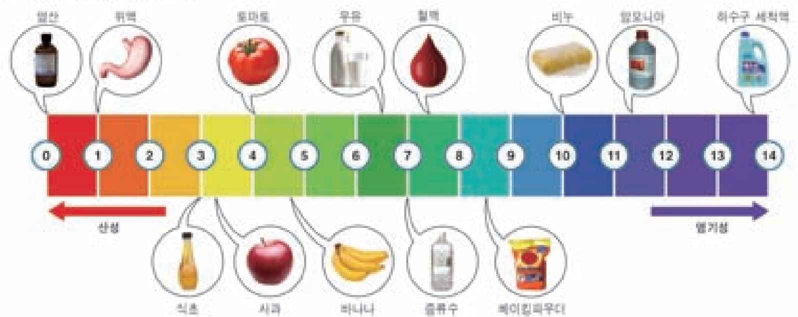
이집트의 여왕 클레오파트라는 키드누스 강에서의 선상 파티에 로마의 집정관 안토니우스를 초대하였다. 클레오파트라는 그의 마음을 사로잡기 위해 시녀에게 식초를 잔에 담아 오라고 하여 자신의 진주 귀걸이 한쪽을 식초 잔에 넣고 진주가 다 녹자 단숨에 마셔 버렸다. 이에 안토니우스는 미모와 재력을 겸비한 클레오파트라에게 마음을 빼앗기게 되었다고 한다.
클레오파트라가 진주를 식초에 넣었을 때 어떤 반응이 일어난 것일까?

식초에 들어 있는 성분은 아세트산($CH_3COOH$)이고, 진주의 주성분은 탄산 칼슘($CaCO_3$)이다. 아세트산은 산성을 띠고 탄산 칼슘은 염기성을 띠기 때문에 두 물질이 반응하면 산과 염기의 성질이 약해진다.

### pH와 지시약

어떤 수용액이 산성인지 염기성인지를 판단할 때에는 pH라는 척도를 사용하면 편리하다. pH는 수용액에 포함된 수소 이온의 농도에 대한 척도로서, 0~14의 범위로 나타낸다. 상온에서 pH가 7보다 작으면 수소 이온이 많은 산성이고, pH가 7보다 크면 수산화 이온이 많은 염기성이다. 이때 pH가 작을수록 강한 산성이며, pH가 클수록 강한 염기성이다. 중성의 pH는 7이다.

그림 1-24 우리 주변 물질의 pH



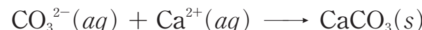

222 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응





### 식초와 진주의 반응

진주의 주성분은 물속에 녹아 있는 탄산 이온($CO_3^{2-}$)과 칼슘 이온($Ca^{2+}$)이 조개의 내부에서 결합하여 만들어진 물질인 탄산 칼슘이다.



$$CO_3^{2-}(aq) + Ca^{2+}(aq) \longrightarrow CaCO_3(s)$$

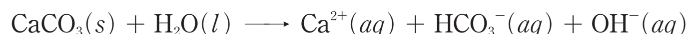
식초는 알코올의 발효로 생성된 아세트산이 포함된 산성 물질이다. 따라서 식초에 진주를 넣으면 탄산 칼슘이 아세트산과 반응하여 이산화 탄소를 발생하며 녹는다.



$$CaCO_3(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2CH_3COO^-(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

진주 외에도 탄산 칼슘이 주성분인 조개껍데기나 달걀 껍데기도 아세트산이나 다른 산과 반응하여 이산화 탄소를 발생하며 녹는다.

탄산 칼슘은 물에 잘 녹지 않는 물질이지만 아주 조금 녹게 되면 수산화 이온($OH^-$)을 생성한다.



$$CaCO_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)$$

이때 생성된 수산화 이온이 식초에서 아세트산이 이온화하여 생성된 수소 이온($H^+$)과 반응하는 중화 반응이 일어난 것이다.

pH를 측정할 때에는 만능 pH 시험지나 pH 측정기를 사용한다. pH 측정기를 사용하면 pH를 더 정확하게 측정할 수 있고, 측정된 pH 수치로 산성이나 염기성의 정도를 비교할 수 있다.

실험실에서는 여러 가지 지시약을 사용하여 물질의 액성을 알아보기도 한다. 지시약은 수용액 중의 수소 이온 농도에 따라 다른 색깔을 나타내는데 붉은색 리트머스 종이, 푸른색 리트머스 종이, BTB 용액, 페놀프탈레인 용액, 메틸 오렌지 용액 등을 많이 사용한다.



그림 Ⅴ-25 만능 pH 시험지와 pH 측정기

표 Ⅴ-3 액성에 따른 지시약의 색 변화

| 지시약 | 산성 | 중성 | 염기성 |
|---|---|---|---|
| 붉은색 리트머스 종이 | | | |
| 푸른색 리트머스 종이 | | | |
| BTB 용액 | | | |
| 페놀프탈레인 용액 | | | |
| 메틸 오렌지 용액 | | | |

액성: 용액의 산성, 중성, 염기성을 나타내는 성질이다.

한편, 음식 재료로 사용하는 자주색 양배추도 수용액의 액성에 따라 여러 가지 색깔을 나타낸다. 자주색 양배추를 잘게 잘라 뜨거운 물이 담긴 비커에 담가 두었다가 걸러 낸다. 여기에 식초, 비눗물, 수돗물 등을 넣으면 식초에서는 붉은색, 비눗물에서는 초록색, 수돗물에서는 색이 변하지 않는 것을 관찰할 수 있다. 즉, 자주색 양배추로 만든 천연 지시약은 산성에서는 붉은색, 염기성에서는 초록색을 나타내며 강한 염기에서는 노란색을 나타낸다.



그림 Ⅴ-26 자주색 양배추




그림 Ⅴ-27 양배추 지시약에 식초, 비눗물, 수돗물을 넣었을 때의 색 변화

1. 산과 염기의 반응 223

## 과학 돋보기



### pH(수소 이온 농도 지수)

(1) pH 용액의 액성을 나타낼 때 pH를 사용한다. 용액의 산성 또는 염기성 정도는 수용액에 포함되어 있는 수소 이온의 농도($[H^+]$)에 따라 달라진다. 그 이유는 산 또는 염기의 성질은 수소 이온과 수산화 이온에 의하여 나타나기 때문인데, 수소 이온의 농도만 나타내도 수산화 이온의 농도를 알 수 있으므로 수소 이온의 농도만으로 용액의 산성 및 염기성을 판단할 수 있다.

수용액에서 수소 이온 농도나 수산화 이온의 농도는 너무 작은 값이므로 사용하기에 불편하다. 따라서 수소 이온의 농도를 편리하게 나타내기 위해 pH를 사용한다. pH는 수소 이온 농도의 역수의 상용로그 값으로 수소 이온 농도 지수라고 한다.

$$pH = -\log[H^+]$$

중성 용액은 pH가 7이며, 산성 용액은 pH가 7보다 작고, 염기성 용액은 pH가 7보다 크다. 즉, pH가 작을수록 강한 산성이며, pH가 1만큼 작아지면 수소 이온 농도가 10배 커진다.

(2) pH의 측정

① 만능 pH 시험지: 여러 가지 지시약을 혼합하여 만든 만능 지시약을 종이에 묻힌 것으로, 표준 색상표와 비교하여 대략적인 pH를 알 수 있다.

② pH 측정기: 전극을 용액에 담그면 pH가 표시되어 보다 정확한 pH 값을 알 수 있다.

## 과학 돋보기

### 용액의 액성에 따른 지시약의 색깔

지시약은 수용액 중의 수소 이온 농도에 따라 다른 색깔을 나타내므로 용액이 산성인지 염기성인지 확인할 때 사용한다. 많이 사용하는 지시약의 색깔은 다음과 같다.

| 리트머스 용액 | BTB 용액 |
|---|---|
| pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8 | pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9 |
| **페놀프탈레인 용액** | **메틸 오렌지 용액** |
| pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, pH 11 | pH 2, pH 3, pH 4, pH 5, pH 6 |

### 관련 지식

### 양배추 지시약

다음 표는 양배추 지시약을 산성, 중성, 염기성 용액에 떨어뜨린 결과이다.

| 강한 산성 | 약한 산성 | 중성 | 약한 염기성 | 강한 염기성 |
|---|---|---|---|---|
| 붉은색 | 보라색 | 자주색 | 초록색 | 노란색 |

## 탐구 활동 실험

### | 목표 |

산과 염기의 중화 반응을 지시약의 색 변화로 확인하고, 중화 반응으로 열이 발생하여 온도가 상승함을 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 일정량의 염산에 수산화 나트륨 수용액을 가함에 따라 중화 반응이 일어나 혼합 수용액의 온도가 높아지며, 지시약의 색깔도 변한다.

2 완전히 중화된 이후에도 수산화 나트륨 수용액을 계속 가하면 혼합 수용액의 온도는 다시 낮아진다.

3 혼합 수용액의 온도 변화를 그래프로 그려 보면 완전히 중화되는 지점에서의 염산과 수산화 나트륨 수용액의 반응 부피비를 알 수 있다.

4 5.5 % 염산과 5 % 수산화 나트륨 수용액의 몰 농도는 거의 같다. 따라서 중화 반응하는 수용액의 부피비는 1:1이다.

### | 유의점 |

1 만능 지시약을 너무 많이 떨어뜨리면 지시약의 영향을 받을 수 있으므로 제시된 양만큼만 가하도록 한다.

2 열의 손실을 줄이기 위하여 스타이로폼 컵을 사용하지만, 한 개의 수용액에 계속하여 수산화 나트륨 수용액을 가하므로 시간이 흐름에 따라 온도 변화가 있을 수 있다.

### 효과적인 운영을 위한 Tip

1 사전 실험을 실시하여 특별한 상황의 발생에 대처할 수 있도록 한다.

2 실험에 사용하는 염산과 수산화 나트륨 수용액은 실험 전에 미리 만들어 두어 두 가지 수용액 모두 실온과 같아지도록 한 후 실험하도록 한다.

3 스타이로폼 컵을 구할 수 없는 경우에는 종이컵을 사용할 수도 있다.

4 모둠별로 눈금 실린더를 2개씩 제공하여 염산용과 수산화 나트륨 수용액용으로 구분하여 사용하도록 한다.



**산과 염기의 반응**

김치가 너무 시어졌을 때 김치 항아리에 달걀 껍데기를 넣어 두면 신맛이 줄어든다. 이는 김치의 신맛을 내는 산과 달걀 껍데기의 탄산 칼슘이라는 염기 성분이 반응하기 때문이다.

이와 같이 산의 수용액에 염기의 수용액을 조금씩 가하면 산성이 점차 약해지고, 반대로 염기의 수용액에 산의 수용액을 조금씩 가하면 염기성이 점차 약해진다. 이는 산과 염기가 반응하면 산도 아니고 염기도 아닌 새로운 물질과 물이 생성되기 때문인데, 이와 같은 반응을 **중화 반응**이라고 한다.

그렇다면 산과 염기가 반응할 때 새로운 물질과 물이 생기는 것 외에 또 어떤 현상이 일어날까?



**탐구 활동** 산과 염기의 중화 반응 실험

목표

산과 염기의 중화 반응을 지시약의 색 변화와 온도 변화로 설명할 수 있다.

준비물

5.5 % 염산, 5 % 수산화 나트륨 수용액, 만능 지시약, 스타이로폼 컵, 눈금 실린더, 온도계, 스포이트, 스탠드, 장갑

유의점

1. 열의 손실을 최대한 줄인다.
2. 눈금 실린더는 염산용과 수산화 나트륨 수용액용으로 구분하여 사용한다.

탐구 도우미

**최고 온도를 측정하는 이유**
반응이 일어나면서 온도 변화가 일어나는데 약간의 시간이 걸릴 수 있으므로 최고 온도를 측정하며, 시간이 지남에 따라 용액이 식을 수 있으므로 지나치게 시간을 소비하지 않도록 한다.

과정

❶ 스타이로폼 컵에 5.5 % 염산 100 mL를 넣고 만능 지시약을 3방울 떨어뜨린 다음, 온도를 측정한다.

❷ 과정 ❶의 스타이로폼 컵에 5 % 수산화 나트륨 수용액을 25 mL를 넣은 후, 최고 온도를 측정하고 색 변화를 관찰한다.

❸ 과정 ❷의 스타이로폼 컵에 5 % 수산화 나트륨 수용액을 25 mL씩 추가로 150 mL까지 더 넣으면서 온도를 측정하고 색 변화를 관찰한다.



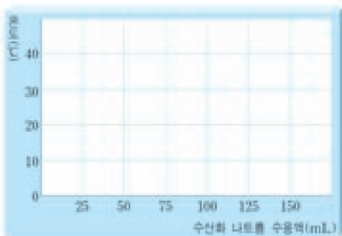
224 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

### | 평가 기준표 |

| | 평가 문항 | 점수(✓) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 상 | 중 | 하 |
| 과정 | 1. 실험 기구를 안전하게 설치하고 실험을 수행하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 시약을 적당량 사용하고 흘리지 않으며 만능 지시약을 적당량(3방울 정도) 떨어뜨리는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 수산화 나트륨 수용액을 가하면서 혼합 용액의 온도를 옳게 측정하고, 색깔을 잘 관찰하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 결과 및 해석 | 1. 혼합 용액의 색깔과 온도를 표에 잘 정리하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 표에 기록된 온도에 따라 그래프를 옳게 그렸는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 완전히 중화된 용액을 고르고 그 이유를 잘 설명하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

결과

1 염산 100 mL에 넣은 수산화 나트륨 수용액의 부피에 따른 혼합 용액의 색깔과 최고 온도를 표에 기록해 보자.



| 수산화 나트륨 수용액(mL) | 염산(mL) | 혼합 용액의 색깔 | 혼합 용액의 최고 온도(℃) |
|---|---|---|---|
| 0 | | | |
| 25 | | | |
| 50 | | | |
| 75 | 100 | | |
| 100 | | | |
| 125 | | | |
| 150 | | | |

2 표의 결과를 가지고 온도 변화를 그래프로 나타내어 보자.

해석 창의 · 인성

1 수용액의 색깔이 변한 이유는 무엇인가?

2 각 실험에서 혼합 용액의 온도가 반응 전 용액의 온도와 다른 이유는 무엇인가?

3 염산과 수산화 나트륨 수용액이 완전히 중화된 용액은 어느 것인가? 또 그렇게 생각한 이유는 무엇인지 토의해 보자.

탐구의 확장 중화 반응으로 생성되는 물질

완전히 중화된 혼합 용액을 증발 접시에 넣고 가열한 후 증발 접시에 남은 고체로 다음과 같은 실험을 했을 때, 그 결과를 예측해 보자.

1 고체를 니크롬선에 묻혀서 불꽃 반응 실험을 하였을 때 불꽃색은 어떠한가?

2 증류수에 고체를 녹인 다음 질산 은 수용액을 몇 방울 떨어뜨리면 어떤 변화가 일어나는가?

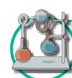


1. 산과 염기의 반응 225

## 탐구의 확장

1 노란색의 불꽃색이 나타난다. 중화점에 도달한 용액에는 $Na^+$과 $Cl^-$이 포함되어 있으며, 이 용액을 가열하면 물은 기화되고 염화 나트륨(NaCl) 고체만 증발 접시에 남게 된다. 따라서 염화 나트륨 고체로 불꽃 반응 실험을 하면 나트륨의 불꽃색인 노란색이 나타난다.

2 흰색 앙금이 생성된다. 증류수에 고체를 녹이면 염화 나트륨 수용액이 되며, 여기에 질산 은 수용액을 떨어뜨리면 염화 나트륨 수용액의 염화 이온($Cl^-$)과 질산 은 수용액의 은 이온($Ag^+$)이 반응하여 흰색의 염화 은(AgCl) 앙금을 생성한다.



학습 자료실

### ❀ 지시약을 이용한 중화점 찾기

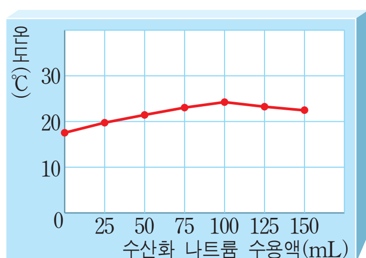
수산화 나트륨 수용액에 페놀프탈레인 용액을 1～2방울 떨어뜨리면 붉은색이 나타나며, 이 용액에 염산을 넣을수록 용액의 붉은색이 점점 연해지면서 어느 순간에 무색이 되는데, 이때가 중화점이다. 일반적으로 강산과 강염기의 중화 반응에서는 메틸 오렌지 용액과 페놀프탈레인 용액, 강산과 약염기의 중화 반응에서는 메틸 오렌지 용액, 약산과 강염기의 중화 반응에서는 페놀프탈레인 용액을 사용할 수 있다.

## 결과

1 혼합 용액의 색깔과 최고 온도

| 수산화 나트륨 수용액(mL) | 수용액의 색깔 | 최고 온도(℃) | 수산화 나트륨 수용액(mL) | 수용액의 색깔 | 최고 온도(℃) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 붉은색 | 17.6 | 100 | 초록색 | 24.3 |
| 25 | 붉은색 | 19.8 | 125 | 파란색 | 23.3 |
| 50 | 노란색 | 21.5 | 150 | 파란색 | 22.5 |
| 75 | 연노란색 | 23.1 | | | |

2 온도 변화 그래프




## 해석 창의 · 인성

1 염산에 수산화 나트륨 수용액을 가함에 따라 수소 이온과 수산화 이온이 반응하여 수용액 중의 수소 이온 농도가 감소하므로 수소 이온 농도에 따라 색깔을 나타내는 지시약의 색깔이 달라지는 것이다.

2 염산과 수산화 나트륨 수용액의 혼합 용액에서는 수소 이온과 수산화 이온의 반응이 일어난다. 이 반응으로 열이 발생하기 때문에 혼합 용액의 온도는 반응 전 용액의 온도보다 높아지는 것이다.

3 완전히 중화된 용액은 수산화 나트륨 수용액을 100 mL 떨어뜨린 용액이다. 그 이유는 염산에 수산화 나트륨 수용액을 가함에 따라 수용액의 온도가 점점 상승하는데, 이 용액에서 최고 온도에 도달하였기 때문이다.

<참고> 반응 전의 염산의 온도는 17.6℃였으며, 25 mL의 수산화 나트륨 수용액을 가한 용액은 중화 반응이 일어나 온도가 19.8℃로 2.2℃ 상승하였다. 그리고 25 mL의 수용액을 더 가했을 때에는 온도가 1.7℃ 상승하여 21.5℃로 이전보다 조금 상승하였다. 그 이유는 수용액 전체의 양이 증가하였기 때문이다.



## 과학 돋보기

### 중화열

(1) **화학 반응과 열** 화학 반응이 일어나면 항상 열의 출입이 따른다. 화학 반응은 반응 물질이 생성 물질로 변하는 것인데 물질마다 가지고 있는 에너지가 다르기 때문에 반응 물질보다 생성 물질이 가지고 있는 에너지가 작은 경우에는 그 에너지 차이에 해당하는 열을 방출하게 되고, 반응 물질보다 생성 물질이 가지고 있는 에너지가 큰 경우에는 그 에너지 차이에 해당하는 열을 흡수하게 된다. 열을 방출하는 경우에는 주위의 온도가 높아지고, 열을 흡수하는 경우에는 주위의 온도가 낮아진다. 이와 같이 열이 방출되는 경우를 발열 반응이라고 하고, 열이 흡수되는 경우를 흡열 반응이라고 한다. 발열 반응에는 중화 반응, 물질의 연소, 금속이 녹스는 반응 등이 있다.

(2) **중화열** 실제 중화열은 56.2 kJ/몰이다. 이는 물 1 g의 온도를 1℃ 높이는 데 필요한 열량이 4.2 J이므로 물 1,000 g의 온도를 약 13.4℃ 높일 수 있는 열량이다. 따라서 1 M의 염산 1 L와 1 M의 수산화 나트륨 수용액 1 L가 반응하면 온도가 6.7℃ 정도 높아진다. 이는 1몰의 물이 생성되는 중화 반응이 일어나지만 두 수용액의 혼합 용액은 2 L가 되므로 약 2,000 g의 물의 온도를 높여야 하기 때문이다. 모든 산과 염기의 반응은 중화 반응으로 알짜 이온 반응식이 같다. 따라서 사용한 산과 염기의 종류에 관계없이 중화열은 항상 같으므로, 반응하는 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온의 양에만 의존하여 열이 발생한다.

(3) **중화 반응의 알짜 이온 반응식** 알짜 이온 반응식은 실제 반응에 참여한 이온만을 나타낸 반응식이다. 중화 반응의 경우 알짜 이온 반응식은 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온이 1 : 1로 반응하여 물이 생성되는 반응이다. 따라서 알짜 이온 반응식은 $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$이다.

**화학 반응과 열**
중화 반응, 연소, 녹스는 반응 등은 열이 발생하는 반응으로 발열 반응이라 부르며, 반응 후 주변의 온도가 상승한다.

중화 반응이 일어나면 수용액 중의 수소 이온이나 수산화 이온의 수가 변하여 용액의 액성이 달라져 지시약의 색이 변할 뿐만 아니라, 열이 발생하여 혼합 용액의 온도가 올라간다. 산의 수용액에 염기의 수용액을 가하면서 온도를 측정하면 산과 염기가 중화 반응하는 동안 열이 발생하므로, 산과 염기가 완전히 중화되는 지점에서 혼합 용액의 온도가 가장 높게 나타난다. 계속 염기의 수용액을 가해 주면 혼합 용액의 온도가 다시 낮아진다. 이것은 더 이상 중화 반응이 일어나지 않고 가해 준 수용액이 혼합 용액의 온도를 낮추기 때문이다. 따라서 산과 염기가 중화 반응을 할 때 온도 변화를 측정하면 산이 모두 중화되는 데 필요한 염기의 양을 알 수 있다. 그리고 중화 반응 과정에서 발생하는 열을 **중화열**이라고 한다.

표 Ⅴ-4 중화 반응이 일어날 때의 온도 변화 (단, 염산과 수산화 나트륨의 농도는 같다.)

| 염산+수산화 나트륨 수용액 | 100 mL+50 mL | 100 mL+100 mL | 100 mL+150 mL |
| --- | --- | --- | --- |
| 액성 | 산성 | 중성 | 염기성 |

산은 수소 이온을 내놓는 물질이고 염기는 수산화 이온을 내놓는 물질이므로, 산과 염기가 반응하면 수소 이온과 수산화 이온이 반응하여 물이 생성된다.

$H^+$와 $OH^-$가 많이 반응할수록 열이 많이 발생한다.



$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O + 열$$

따라서 산의 수용액에 염기의 수용액을 가하면 수소 이온의 수가 점점 줄어들어 산성이 약해지다가 결국 중성이 된다. 또 염기의 수용액에 산의 수용액을 가하면 수산화 이온의 수가 점점 줄어들어 염기성이 약해지다가 결국 중성이 된다.

**잠깐 체크** 같은 농도의 염산 10 mL와 수산화 나트륨 수용액 30 mL를 섞은 경우와 염산 30 mL와 수산화 나트륨 수용액 10 mL를 섞은 경우의 온도를 비교하시오.

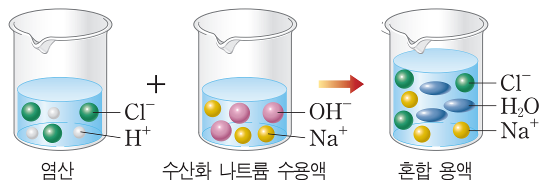
226 Ⅴ. 여러 가지 화학 반응



## 과학 돋보기

### 중화 반응의 모형

염산과 수산화 나트륨 수용액을 혼합하면 염산의 수소 이온과 수산화 나트륨 수용액의 수산화 이온이 결합하여 물을 생성하고, 나트륨 이온과 염화 이온은 이온 상태로 용액에 들어 있다.




❷ 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응 모형

**잠깐 체크**

온도 변화는 같다. 염산 10 mL와 수산화 나트륨 수용액 30 mL를 혼합하면 염산 10 mL에 포함된 수소 이온이 모두 중화 반응하며, 염산 30 mL와 수산화 나트륨 수용액 10 mL를 혼합하면 수산화 나트륨 수용액 10 mL에 포함된 수산화 이온이 모두 중화 반응한다. 따라서 두 경우에 중화 반응하는 이온의 총 수가 같기 때문에 발생하는 열량이 같고, 혼합 용액 전체의 부피가 40 mL로 같기 때문에 상승하는 온도도 같다.

## 탐구 활동 | 이온 모형을 이용한 중화 반응의 표현 | 실험

**목·표**
중화 반응에서 일어나는 이온 사이의 반응을 모형으로 나타낼 수 있다.

**준·비·물**
두꺼운 비닐종이 3장, 색깔이나 모양이 다른 스티커 4종류, 필기 도구

**탐|구|도|우|미**
**이온의 개수**
염산과 수산화 나트륨 수용액의 모형을 만들 때 이온의 개수는 실험자 임의대로 한다. 단, 양이온과 음이온의 수는 같아야 한다.

**과정**

❶ 두꺼운 비닐종이의 위쪽에 각각 염산, 수산화 나트륨 수용액, 혼합 용액이라고 적는다.
❷ 색깔이나 모양이 다른 스티커 4종류에 각각 $H^+$, $Cl^-$, $Na^+$, $OH^-$이라고 적는다.
❸ 염산과 수산화 나트륨 수용액이라고 적은 종이에 각각 정해진 개수의 스티커를 붙인다.
❹ 혼합 용액이라고 적은 종이에는 염산과 수산화 나트륨 수용액의 종이에 붙였던 스티커를 모두 이동시켜 붙인다. 이때 $H^+$과 $OH^-$은 반쯤 겹쳐 붙인다.

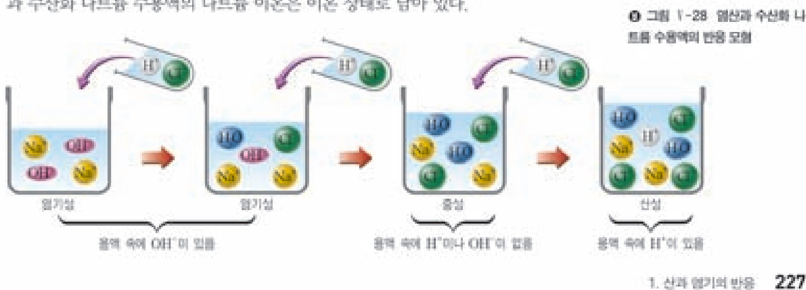


**결과** 창의 · 인성

1 겹쳐지지 않은 수소 이온과 수산화 이온이 있는가?

2 혼합 용액의 액성은 무엇인가?

염산과 수산화 나트륨 수용액이 중화 반응을 일으킬 때 수소 이온과 수산화 이온이 1 : 1의 개수비로 결합하여 물을 형성하므로 혼합 용액은 남아 있는 이온에 따라 액성이 달라진다. 즉, 수소 이온이 남아 있으면 산성을 띠고 수산화 이온이 남아 있으면 염기성을 띤다. 그리고 중화 반응에 참여하지 않은 염산의 염화 이온과 수산화 나트륨 수용액의 나트륨 이온은 이온 상태로 남아 있다.




❶ 그림 Ⅴ-28 염산과 수산화 나트륨 수용액의 반응 모형

1. 산과 염기의 반응 227

## 탐구 활동 실험

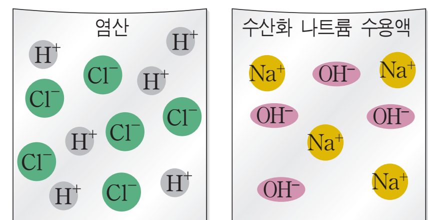
### | 목표 |
중화 반응을 이온 모형을 이용하여 표현할 수 있다.

### | 원리 설명 |
1 스티커를 붙이는 비닐종이를 각각 용액으로 가정하고, 스티커는 용액 속에 들어 있는 이온으로 가정한다.
2 이온으로 가정한 스티커들 중에서 수소 이온과 수산화 이온을 반쯤 겹쳐 붙이면 물이 생성된 것을 나타낸다.

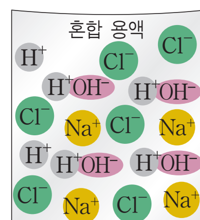
### | 유의점 |
수소 이온과 수산화 이온은 1 : 1의 개수비로 반응하므로 한 개씩 짝지어 붙여서 물 분자를 표현한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip
1 각 모둠별로 염산과 수산화 나트륨 수용액의 모형을 만들어 활동함을 통해 창의 · 인성이 배양되도록 한다.
2 특별히 어려운 과정이 아니므로 모둠별로 진행하지 않고, 학생 개별적으로 활동하도록 진행할 수도 있다.

### | 결과 | 창의 · 인성
예 다음과 같이 염산과 수산화 나트륨 수용액을 반응시킨 경우




스티커를 옮겨 붙인 결과는 오른쪽과 같다.




1 겹쳐지지 않은 수소 이온이 2개 있다.
2 겹쳐지지 않은 수소 이온이 있으므로 혼합 용액의 액성은 산성이다.

## 과학 돋보기

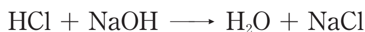
### ❀ 염산(HCl)과 수산화 나트륨 수용액(NaOH)의 반응 모형

| HCl(mL) | 0 | 10 | 20 | 30 |
|---|---|---|---|---|
| NaCl(mL) | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 모형 | | | | |
| 액성 | 염기성 ➡ 염산을 가하기 전으로, 수용액 속에 $OH^-$만 있으므로 염기성을 띤다. | 염기성 ➡ $H^+$과 $OH^-$이 반응하여 물을 생성하지만 수용액 속에 $OH^-$이 있으므로 염기성을 띤다. | 중성 ➡ $H^+$과 $OH^-$이 모두 반응하여 물을 생성하여 수용액 속에 $H^+$과 $OH^-$이 없으므로 중성을 띤다. | 산성 ➡ 더 이상 반응할 $OH^-$이 없으므로 수용액 속에 넣어 준 $H^+$이 그대로 남아 있어 산성을 띤다. |




### 중화 반응과 염

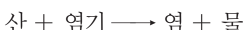
중화 반응에서는 물과 함께 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합하여 이온으로 이루어진 화합물이 형성되는데, 이를 염이라고 한다.



$$HCl + NaOH \longrightarrow H_2O + NaCl$$
산 염기 물 염

이와 같이 중화 반응으로 물과 함께 염이 생성된다. 그러나 반드시 산과 염기가 반응해야만 염이 생성되는 것은 아니며, 염이 생성되는 반응은 다음과 같이 다양하다.

**(1) 산과 염기의 중화 반응**



산 + 염기 ⟶ 염 + 물

예 염산과 수산화 나트륨의 중화 반응으로 염화 나트륨이라는 염이 생성된다.



$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

**(2) 금속과 산의 반응**



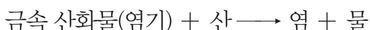
금속 + 산 ⟶ 염 + 수소

예 철과 염산의 반응으로 염화 철이라는 염이 생성된다.



$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$$

**(3) 금속 산화물과 산의 반응**



금속 산화물(염기) + 산 ⟶ 염 + 물

예 산화 나트륨과 염산의 반응으로 염화 나트륨이라는 염이 생성된다.



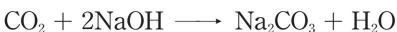
$$Na_2O + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O$$

**(4) 비금속 산화물과 염기의 반응**



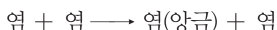
비금속 산화물(산) + 염기 ⟶ 염 + 물

예 이산화 탄소와 수산화 나트륨의 반응으로 탄산 나트륨이라는 염이 생성된다.



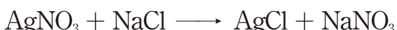
$$CO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

**(5) 염과 염의 앙금생성 반응**



염 + 염 ⟶ 염(앙금) + 염

예 질산 은과 염화 나트륨의 반응으로 염화 은과 질산 나트륨이라는 염이 생성된다.



$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl + NaNO_3$$

염화 나트륨은 물에 잘 녹지만 모든 염이 물에 잘 녹는 것은 아니다. 중학교 ②에서 학습한 것과 같이 앙금은 물에 잘 녹지 않는 염이다. 예를 들면 탄산 칼슘($CaCO_3$), 황산 칼슘($CaSO_4$), 황산 바륨($BaSO_4$) 등은 물에 잘 녹지 않는 염이다.

염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응에 대한 이온 반응식은 다음과 같다.



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 염산 | $HCl$ | ⟶ | $H^+$ | + | $Cl^-$ |
| 수산화 나트륨 | $NaOH$ | ⟶ | $OH^-$ | + | $Na^+$ |
| | $HCl + NaOH$ | ⟶ | $H_2O$ | + | $NaCl$ + 중화열 |

물에 잘 녹는 염과 녹지 않는 염
- 물에 잘 녹는 염: 염화 나트륨, 탄산나트륨, 염화 암모늄, 질산 은 등
- 물에 잘 녹지 않는 염: 탄산 칼슘, 황산 칼슘, 황산 바륨, 염화 은 등

중화 반응 후 혼합 용액을 가열하여 증발시키면 용액 속에 남아 있던 나트륨 이온과 염화 이온은 흰색 고체의 염화 나트륨(NaCl)으로 남는다. 이때 염화 나트륨과 같이 중화 반응 후 물과 함께 생성되는 물질을 **염**이라고 한다. 염은 반응하는 산과 염기의 종류에 따라 달라지며, 물에 잘 녹는 염도 있고 잘 녹지 않는 염도 있다.

표 Ⅴ-5 여러 가지 산과 염기의 반응식

| 산 | + | 염기 | ⟶ | 물 | + | 염 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $HCl$ 염산 | + | $KOH$ 수산화 칼륨 | ⟶ | $H_2O$ | + | $KCl$ 염화 칼륨 |
| $HNO_3$ 질산 | + | $NaOH$ 수산화 나트륨 | ⟶ | $H_2O$ | + | $NaNO_3$ 질산 나트륨 |
| $H_2SO_4$ 황산 | + | $Ca(OH)_2$ 수산화 칼슘 | ⟶ | $2H_2O$ | + | $CaSO_4$ 황산 칼슘 |
| $CH_3COOH$ 아세트산 | + | $NaOH$ 수산화 나트륨 | ⟶ | $H_2O$ | + | $CH_3COONa$ 아세트산 나트륨 |

**생활 속의 중화 반응**

위산이 너무 많이 분비되어 속이 쓰리면 제산제를 먹는다. 제산제는 수산화 마그네슘($Mg(OH)_2$)이나 수산화 알루미늄($Al(OH)_3$)과 같은 약한 염기로 되어 있어서 위산의 주성분인 염산과 중화 반응을 일으켜 속쓰림을 완화시킨다.

또 생선회를 먹을 때 레몬 조각을 생선회에 뿌리면 비릿한 냄새가 없어진다. 비릿한 냄새의 주범은 아민이라는 약한 염기인데, 아민이 레몬의 시트르산과 중화 반응하여 제거되면 비린내가 덜 나게 된다.



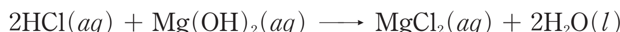
그림 Ⅴ-29 생선회와 레몬

228 Ⅴ. 여러 가지 화학 반응




### 생활 속의 중화 반응

**(1) 위산이 너무 많이 분비되어 속이 쓰릴 때 제산제를 먹는 이유** 위에서는 음식물을 소화시키기 위해 위산이 분비되는데, 위산의 주성분은 염산이다. 그러나 과량의 염산이 분비되면 위벽이 손상되어 속이 쓰린 경우가 있다. 이때 위를 보호하기 위해 약염기인 수산화 마그네슘($Mg(OH)_2$)이나 수산화 알루미늄($Al(OH)_3$) 등이 주성분인 제산제를 먹는데, 이것은 중화 반응을 이용한 것이다. 즉, 위산의 $H^+$은 수산화 마그네슘이나 수산화 알루미늄 등의 $OH^-$과 반응하여 물이 되므로 $H^+$이 제거된다.



$$2HCl(aq) + Mg(OH)_2(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

**(2) 생선회에 레몬즙을 뿌리는 이유** 생선의 비린내는 약한 염기성을 띠는 아민 계열의 화합물로, 약한 산인 시트르산을 포함하는 레몬즙을 떨어뜨리면 중화 반응이 일어나므로 비린내가 없어진다.

**(3) 벌레나 개미에 물린 데 암모니아수를 바르는 이유** 벌레나 개미에 물리면 쓰리고 아픈데, 그 이유는 벌레나 개미의 침에 포함된 폼산(HCOOH) 때문이다. 이때 암모니아수를 바르면 중화 반응이 일어나 더 이상 폼산이 작용하지 않아 통증이 완화된다.

한편, 산성비가 내리면 토양이나 호수가 산성화되기도 하는데 산성화된 토양에서는 식물이 자라기 어렵고 산성화된 호수에서는 물고기가 살기 어렵다. 이러한 토양이나 호수에 염기성 물질인 탄산 칼슘을 뿌려 주면 중화 반응이 일어나 생물들이 잘 살 수 있다.



그림 Ⅴ-30 산성화된 토양과 호수에 탄산 칼슘 살포

**과학 자료실** 미생물도 중화 반응을 일으킨다!

헬리코박터 파일로리는 나선형의 몸체와 4~8개의 긴 편모로 위 안의 점액층에서 헤엄을 치듯 운동하며 살고 있는 세균이다. 이 세균은 만성 위염, 위 · 십이지장 궤양, 위암, 위 림프종을 일으키는 원인으로 알려져 있다.

위 안은 강한 산성의 위산으로 가득 차 있는데, 이것은 음식과 함께 들어오는 미생물을 죽이고 음식의 부패를 막는다. 그래서 대부분의 병균이나 미생물은 위 속에서 살아남을 수 없다.

그런데 헬리코박터균은 어떻게 위 속에 살 수 있는 것일까? 그 이유는 헬리코박터균이 산을 중화시키는 염기성 물질, 즉 암모니아를 만들기 때문이다. 헬리코박터균은 유리네이즈라는 효소를 많이 갖고 있는데, 이 효소는 요소를 분해하여 암모니아를 만든다. 염기인 암모니아는 위산을 중화하여 헬리코박터균이 살아남을 수 있도록 한다.

헬리코박터균에 감염되면 일반적으로 항생제를 다량 투여하는 요법을 사용하여 치료한다.

헬리코박터균
보호 점막
헬리코박터 파일로리의 모습

헬리코박터균에 감염된 위

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 산성과 염기성을 비교하여 설명해 보자. | 머리를 샴푸로 감고 잘 헹구어 내지 않으면 머리카락이 갈라지거나 손상된다. 왜 이런 현상이 나타날까? | 산성비가 내려 산성화된 토양이나 물에서는 식물과 물고기가 살기 어렵다. 산성비를 막기 위한 방법을 조사해 보자. |

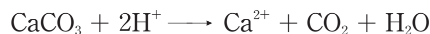
1. 산과 염기의 반응 229




### 산성비와 산성 호수의 중화

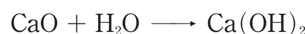
증류수의 pH는 7이고 일반적으로 빗물은 pH 5.6~6.5의 약한 산성을 띤다. 그 이유는 공기 중의 이산화 탄소가 물에 녹기 때문이다. 그런데 석탄과 같이 황을 포함한 화석 연료의 연소로 발생하는 이산화 황($SO_2$)이나 자동차의 운행으로 발생하는 질소 산화물($NO$, $NO_2$)은 물에 녹아 강한 산성을 나타내므로 산성비가 내리게 된다. 산성비는 pH가 5.6 미만인 비이다. 산성비가 내린 호수에는 이산화 황이 산소와 반응한 후 물에 녹아 생성된 황산($H_2SO_4$)과, 질소 산화물이 물과 반응하여 생성된 질산($HNO_3$)이 포함된다. 따라서 이를 중화시키기 위해서는 염기성 물질인 석회석($CaCO_3$)이나 생석회($CaO$)를 뿌려 준다.

• 탄산 칼슘과 산의 반응



$$CaCO_3 + 2H^+ \longrightarrow Ca^{2+} + CO_2 + H_2O$$

• 생석회와 물의 반응



$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

이때 생성된 수산화 칼슘($Ca(OH)_2$)은 물에 천천히 녹으므로 오랫동안 남아 중화 작용을 한다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

산성은 수소 이온에 의해 산이 공통으로 나타내는 성질이고, 염기성은 수산화 이온에 의해 염기가 공통으로 나타내는 성질이다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

샴푸는 염기성이므로 샴푸로 머리를 감고 잘 헹구지 않으면 수산화 이온이 머리카락에 남는다. 수산화 이온은 단백질을 가수 분해하므로 주성분이 단백질인 머리카락을 갈라지게 만들고 손상시킨다. 따라서 충분히 헹구어 수산화 이온이 남지 않도록 하고, 남은 수산화 이온은 머리를 감은 후 식초를 약간 탄 물에 헹구어 중화 반응으로 제거한다.

▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

산성비의 원인 물질이 배출되지 않도록 한다. 산성비의 주요 원인 물질은 화석 연료에 포함된 황이 연소할 때 배출되는 황산화물과 자동차의 배기가스에서 배출되는 질소 산화물이다. 따라서 황을 포함한 화석 연료의 사용을 자제하고, 자동차의 운행을 감소시켜 산성비의 원인 물질이 대기 중으로 배출되지 않도록 한다.

**심화 학습** 물의 자동 이온화

순수한 물이라도 정밀하게 측정해 보면 매우 약하게 전류가 흐르는데, 이는 물속에 물 분자 외에 아주 적은 수의 이온이 존재하기 때문이다.

순수한 물도 약간은 이온화하여 수소 이온과 수산화 이온이 있으며, 수소 이온과 수산화 이온 농도의 곱은 일정하게 유지된다. 산의 유입으로 수소 이온의 농도가 커지면 수산화 이온의 농도는 작아지고, 염기의 유입으로 수산화 이온의 농도가 커지면 수소 이온의 농도가 작아진다. 이를 물의 자동 이온화라고 하며, pH가 7일 때 수소 이온의 농도와 수산화 이온의 농도는 서로 같아 중성인 것이다.

# 2-1 산소와 산화－환원 반응

## 학습 내용 안내

(1) 산화 반응과 환원 반응을 산소의 이동으로 설명한다.
(2) 여러 가지 산화－환원 반응을 화학 반응식으로 표현하고 이해한다.
(3) 빠른 산화와 느린 산화를 비교하여 설명한다.
(4) 금속 산화물과 비금속 산화물의 특징을 비교하여 설명한다.

## 학습 전개

산소의 이동에 의한 산화－환원 반응의 개념을 알게 한다.



구리의 산화와 환원 실험을 통해 산화－환원 반응을 화학 반응식으로 표현하고, 산화와 환원은 동시에 일어나는 것임을 알게 한다.



여러 가지 산화－환원 반응을 화학 반응식으로 표현할 수 있게 한다.



빠르게 일어나거나 느리게 일어나는 산화－환원 반응에 대해 알게 한다.



산소와 결합한 산화물의 특징에 대해 알게 한다.

**찾아보기**

- 포스텍 과학사 개론(임경순 교수) 웹 사이트 http://www.postech.ac.kr/press/hs/index.html
- 라부아지에가 들려주는 물질 변화의 규칙 이야기(2010), 임수현 저, 자음과 모음



# 2-1 산소와 산화－환원 반응



광합성과 호흡은 생명을 유지하는 데 꼭 필요한 반응이다. 식물은 태양의 빛에너지를 받아 광합성을 하여 산소를 발생시키고, 식물과 동물은 광합성을 통해 만들어진 산소를 호흡하는 데 이용하여 필요한 에너지를 얻는다. 이처럼 생명을 유지하는 데 필요한 광합성과 호흡 반응에는 산소가 관련되어 있다.

이와 같이 산소가 관련된 반응을 무슨 반응이라고 할까?



**학습 목표**

- 산화 반응과 환원 반응을 산소의 이동으로 설명할 수 있다.
- 산화 반응과 환원 반응을 화학 반응식으로 표현할 수 있다.

산소는 지각의 약 47 %의 질량을 차지하고, 공기 중에는 약 21 %의 부피비로 존재한다. 사람의 몸에는 산소가 약 65 %의 질량비로 존재한다.

산소는 거의 모든 물질과 결합할 수 있을 만큼 반응을 잘한다. 지각에서는 주로 규소나 알루미늄과 결합한 상태로 존재하며, 다른 여러 금속들과 결합한 물질들로도 존재한다.

물질이 산소와 결합하는 대표적인 반응에는 연소 반응이 있는데, 연소 반응처럼 물질이 산소와 결합하는 과정을 **산화**라고 한다. 그리고 산화와 반대로 산소와 결합한 물질이 산소를 잃는 과정을 **환원**이라고 한다.

**용어** 산화(酸化)
산(酸): 초(산성)
화(化): 되다
산성이 되다 또는 산소와 결합하다.

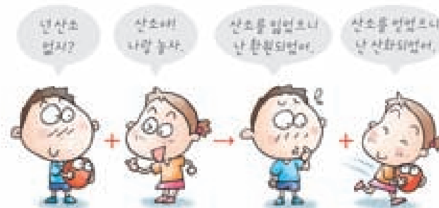



그림 Ⅴ-31 산화－환원 반응 모형

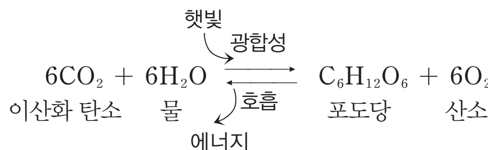


## 과학 둘보기



### 광합성과 호흡에서의 산화－환원 반응

광합성은 식물이 햇빛을 이용하여 이산화 탄소와 물로부터 포도당을 얻는 과정이고, 이때 산소가 함께 만들어진다. 반면, 호흡은 산소를 이용하여 포도당을 분해시켜 에너지를 만드는 과정이며, 이때 이산화 탄소와 물이 생성된다. 광합성 과정에서는 이산화 탄소의 탄소가 환원되고, 호흡에서는 포도당이 산화되는 변화가 일어난다.




$$6CO_2 + 6H_2O \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

### 산소의 존재 형태

(1) **공기 중** 기체 분자($O_2$)의 형태로 존재한다.
(2) **지각** 규소나 알루미늄과 결합한 형태($SiO_2$, $Al_2O_3$ 등)로 존재한다.
(3) **바닷속** 수소와 결합한 형태인 물($H_2O$)로 존재한다.

라부아지에는 뜨거운 주철관에 물을 통과시켜 수소를 얻었다. 주철관 속에서 물에 있던 산소가 떨어져 주철관과 결합하였기 때문이다. 이 과정에서 주철관의 철은 산소와 결합하는 반응, 즉 산화가 일어나지만 물은 산소를 잃고 수소로 환원된다.

산화 반응과 환원 반응은 어떻게 일어나며, 어떤 관계가 있는지 알아보자.




❸ 그림 Ⅰ-32 라부아지에의 물 분해 실험

탐구 활동 | 구리의 산화와 환원 | 실험

목·표

구리 가루의 가열을 통해 산화-환원 반응을 설명할 수 있다.

준·비·물

구리 가루, 숯가루, 석회수, 시험관, 스탠드, 집게, 알코올램프, 삼발이, 석고뭉, 유리관, 고무관, 구멍 뚫린 고무마개, 시험관대, 시험관 집게, 점갑

과정

❶ 시험관 A에 구리 가루를 넣고 알코올램프로 가열하면서 구리 가루의 색을 관찰한다.

❷ 과정 ❶의 시험관에 숯가루를 넣고, 그림과 같이 장치하여 시험관 B 속 석회수의 변화를 관찰한다.

결과

1 구리 가루를 가열하기 전과 후의 색은 어떻게 다른가?

2 석회수의 변화로 알 수 있는 것은 무엇인가?

해석

1 과정 ❶과 ❷의 시험관 A에서 생성되는 물질은 각각 무엇인가?

2 과정 ❶과 ❷에서 일어난 반응을 각각 화학 반응식으로 써 보자.

3 위의 반응식을 각각 산화 반응과 환원 반응으로 구분해 보자.

2. 산화-환원 반응 233

## 탐구 활동 실험

### | 목표 |

구리 가루를 가열하고 생성된 물질을 숯가루와 함께 가열함으로써 산화-환원 반응을 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 구리 가루를 가열하면 공기 중에 있는 산소와 반응하여 산화 구리(Ⅱ)가 생성된다.

2 산화 구리(Ⅱ)에 숯가루를 넣고 가열하면 산화 구리(Ⅱ)에서 구리와 결합되어 있던 산소는 이산화 탄소의 형태로 배출된다.

3 이산화 탄소를 석회수에 통과시키면 탄산 칼슘이 생성되어 석회수가 뿌옇게 흐려진다.

### | 유의점 |

1 가열하는 실험이므로 반드시 장갑과 보안경을 착용하도록 한다.

2 구리 조각을 사용하는 것보다 구리 가루를 사용하면 반응이 더 활발하게 일어난다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 구리 가루가 들어 있는 시험관을 비스듬히 기울여서 가열하는 것이 좋다.

2 과정 ❶에서 가열한 시험관은 반응이 일어난 후 식힌 상태에서 과정 ❷의 실험을 하는 것이 좋다.

3 시험관 아래에 검은색 종이를 놓으면 시험관 B 속의 석회수가 뿌옇게 흐려지는 것을 확인하기 쉽다.

### | 결과 |

1 구리 가루는 가열하기 전에는 붉은색이고, 가열한 후에는 검은색으로 변한다.

2 석회수가 뿌옇게 흐려지는 것을 통해 반응 결과 이산화 탄소가 생성되었다는 것을 알 수 있다.

### | 해석 |

1 과정 ❶에서는 구리와 산소가 반응하여 산화 구리(Ⅱ)가 생성되고, 과정 ❷에서는 산화 구리(Ⅱ)와 숯가루가 반응하여 구리와 이산화 탄소가 생성된다.

2, 3 과정 ❶:

$$2Cu + O_2 \longrightarrow 2CuO$$

(산화: Cu → CuO, 환원: $O_2$ → CuO)

과정 ❷:

$$2CuO + C \longrightarrow 2Cu + CO_2$$

(환원: CuO → Cu, 산화: C → $CO_2$)

### | 관련 지식 |

❀ 산화 구리(Ⅱ)와 숯가루(C)의 반응

산화 구리(Ⅱ)가 숯가루와 반응하면 이산화 탄소가 발생하는 것은 구리가 산소와 결합하려는 힘보다 탄소가 산소와 결합하려는 힘이 더 강하기 때문이다. 이를 반응성이라고 하는데, 반응성이 더 큰 물질은 반응을 통해 안정한 물질이 되려고 한다. 따라서 탄소가 산소와 결합하여 더 안정한 물질을 생성하기 때문에 산화 구리(Ⅱ)보다 이산화 탄소가 더 안정한 물질이다.

## 과학 돋보기



❀ 산화-환원 반응

(1) **산화-환원 반응과 반응성** 산화-환원 반응이 일어나면 산소는 물질과 결합하거나 분리된다. 이때 산소와 결합하는 힘이 큰 물질이 다른 물질에 결합된 산소와 반응하므로, 산소와 결합하는 물질의 반응성이 더 크다고 판단한다.

① 반응성이 매우 큰 금속: 상온에서 금속의 내부까지 산화된다. ➡ K > Ca > Na > Mg

② 반응성이 큰 금속: 상온에서 금속의 표면이 산화된다. ➡ Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb

③ 반응성이 작은 금속: 쉽게 산화되지 않는다. ➡ Cu > Hg > Ag > Pt > Au

(2) **산화-환원 반응의 동시성** 산화 반응과 환원 반응은 동시에 일어난다. 구리 가루가 산소와 반응하여 산화 구리(Ⅱ)가 생성되는 반응에서도 산화 반응과 환원 반응이 일어난다. 산소의 출입으로 설명하면 구리가 산화된 것이지만 산소가 환원되었는지는 판단하기 어렵다. 그러나 산화-환원 반응의 확장된 정의에 따르면 구리는 전자를 잃어 산화된 것이고, 산소는 구리가 내놓은 전자를 얻어 환원된 것이다.




그림 Ⅰ-33 산화 구리(Ⅱ)와 수소의 반응

산화 구리(Ⅱ)(CuO)를 가열하면서 수소 기체를 불어 넣으면 수소는 산소를 얻어 수증기로 산화되고, 산화 구리(Ⅱ)는 산소를 잃어 구리로 환원된다. 이와 같이 산화 반응과 환원 반응은 따로 일어나는 것이 아니라 항상 동시에 일어나며, 환원되는 물질을 **산화제**라고 하고 산화되는 물질을 **환원제**라고 한다.




마그네슘은 이산화 탄소와 반응을 매우 잘하는 금속으로, 마그네슘과 이산화 탄소의 반응에서도 산화 반응과 환원 반응이 동시에 잘 일어난다.

움푹한 구멍이 있는 드라이아이스 안에 마그네슘 가루를 넣고 마그네슘 리본을 도화선으로 하여 불을 붙이면 마그네슘이 연소하기 시작한다. 드라이아이스 뚜껑을 덮고 놔두면 드라이아이스 안에서 계속 연소가 일어나 불빛이 보인다. 불이 꺼진 후 드라이아이스 뚜껑을 열어 보면 흰색 가루와 검은색 덩어리가 보인다. 흰색 가루는 산화 마그네슘(MgO)이고, 검은색 덩어리는 탄소이다. 마그네슘과 고체 이산화 탄소인 드라이아이스가 반응하여 산화 마그네슘과 탄소로 변한 것이다.




그림 Ⅰ-34 마그네슘과 드라이아이스의 반응

이 과정에서 이산화 탄소에 있던 산소는 마그네슘으로 옮겨 간다. 따라서 마그네슘은 산소를 얻어 산화되고 이산화 탄소는 산소를 잃고 환원된다.

**마그네슘에 의한 화재** 마그네슘과 같이 반응성이 큰 금속에 의한 화재는 물을 뿌리거나 이산화 탄소 소화기를 사용하면 더 큰 화재를 일으키므로 금속 화재용 소화기나 마른 모래를 사용한다.




드라이아이스의 온도가 매우 낮을 뿐 아니라 산소 기체가 없는데도 마그네슘이 연소할 수 있는 것은 마그네슘이 탄소보다 산소와 결합을 더 잘하기 때문이다.

234 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

### 관련 지식

❀ 화재의 종류

(1) **A급 화재** 연소 후 재를 남기는 화재로 나무, 종이, 섬유 등의 화재가 이에 속한다.

(2) **B급 화재** 연소 후 재를 남기지 않는 종류의 화재로 유류, 가스 등의 가연성 액체나 기체 등의 화재가 이에 속한다.

(3) **C급 화재** 전기 설비 등에서 발생하는 화재이다.

(4) **D급 화재** 가연성 금속이나 금속분에서 발생하는 화재로 마그네슘, 나트륨 등의 금속 화재가 이에 속한다. 화재 시 온도가 높아 이산화 탄소 소화기나 물을 뿌리면 더 큰 화재가 일어날 수 있으므로 금속 화재용 소화기나 마른 모래를 사용한다.

### 심화 학습 | 산화와 환원의 확장적 정의

(1) **수소에 의한 산화와 환원** 수소를 잃는 과정을 산화라고 하고, 수소를 얻는 과정을 환원이라고 한다. 다음 수소의 연소 반응에서 수소는 산화되었고, 산소는 환원되었다. ➡ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

(2) **전자에 의한 산화와 환원** 전자를 잃는 과정을 산화라고 하고, 전자를 얻는 과정을 환원이라고 한다. 다음 나트륨의 두 가지 반응을 비교해 보자.

나트륨이 공기 중에서 산화되면 산화 나트륨이 된다. ➡ $4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$

나트륨을 염소 기체와 반응시키면 염화 나트륨이 된다. ➡ $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

위의 첫 번째 반응에서 나트륨은 산소를 얻어 산화 나트륨으로 산화되었고, 이때 나트륨은 전자를 잃고 나트륨 이온($Na^+$)이 되었다. 두 번째 반응에서도 나트륨은 전자를 잃고 나트륨 이온이 되었으므로 산화된 것이다.

(3) **산화와 환원의 정의**

① **산화**: 산소를 얻는 것, 수소를 잃는 것, 전자를 잃는 것

② **환원**: 산소를 잃는 것, 수소를 얻는 것, 전자를 얻는 것

마그네슘과 드라이아이스의 반응, 성냥이 타는 것과 같은 연소 반응은 눈에 보일 정도로 격렬한 반응이 일어나지만, 못을 물에 담가 두면 몇 시간이 지나야 녹슨 것을 관찰할 수 있다. 성냥의 연소와 못의 부식 과정은 모두 산소와 결합하는 산화이지만, 산화하는 빠르기가 다르다.

즉, 연소는 산화가 빠르게 일어나는 예이고 부식은 산화가 느리게 일어나는 예이다.

폭발은 짧은 시간 안에 빛과 열이 한꺼번에 방출되고 많은 양의 기체가 생성물로 만들어지는 빠른 연소 반응이다. 연소는 빠른 산화 반응이지만 폭발은 연소보다 더 빠른 산화 반응이다. 그리고 사과를 깎아 공기 중에 놓아두면 갈색으로 변하는 현상도 사과에 들어 있는 성분이 산화되는 과정이다. 사과의 변색 과정은 연소처럼 눈에 띌 만큼 빠르게 일어나지는 않지만, 못이 녹스는 과정보다는 빠르다.

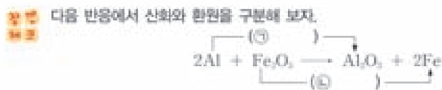
산화–환원 반응이 빠르거나 느린 것은 상대적이며, 빠른 산화 과정이 있는 반면 반응이 일어나는 과정을 눈으로 확인하기 어려울 정도로 느리게 일어나는 과정도 있다.

스스로 해결하기
연소와 같이 (　　) 산화 과정이 있는 반면, 못이 녹스는 과정과 같이 (　　) 산화 과정도 있다.




그림 1-35 산화 반응의 빠르기

잠깐 체크 다음 반응에서 산화와 환원을 구분해 보자.






## 관련 지식

### ❀ 갈변 현상

(1) **갈변의 종류** 식품의 저장, 가공, 조리 과정에서 식품이 갈색으로 변하는 현상을 갈변이라고 하며, 효소가 관여하는 효소적 갈변과 효소가 관여하지 않는 비효소적 갈변이 있다.

효소적 갈변은 과일이나 채소에 함유되어 있는 폴리페놀 성분이 산화 효소의 작용에 의해 산화되고 중합하여 갈색으로 변하는 과정이다. 이때 폴리페놀류는 산화 효소의 작용에 의해 퀴논이나 그 유도체로 산화되며, 퀴논이나 그 유도체들은 활성이 매우 크기 때문에 비효소적으로 계속 산화되고, 중합 또는 축합되어 멜라닌 색소 또는 이와 유사한 갈색이나 검은색의 효소를 형성한다.

(2) **갈변의 과정** 감자, 사과, 바나나, 홍차 등과 같은 식물성 조직 중에는 카테킨, 갈릭산, 타이로신 등의 페놀성 화합물을 함유하고 있다. 보통 이와 같은 식품들에는 페놀성 화합물을 산화시키는 효소가 들어 있기 때문에 신선한 식물체에 상처를 내면 이 페놀성 화합물과 효소가 서로 반응하여 갈색 물질을 만든다.

(3) **갈변이 일어나지 않는 과일** 레몬이나 귤, 포도와 같은 신맛이 강한 과일은 갈변이 일어나지 않는데, 그 이유는 바이타민 C를 많이 함유하고 있기 때문이다.

## 과학 돋보기



### ❀ 빠른 산화와 느린 산화

(1) **빠른 산화** 인, 황, 마그네슘 등을 태우면 산소와 급격하게 반응하면서 빛과 열을 낸다. 이와 같이 산화가 급격하게 일어나는 것을 빠른 산화라고 하며, 연소는 빠른 산화의 예이다.

(2) **느린 산화** 산화가 천천히 일어나는 것으로, 이때에는 빛은 내지 않고 열만 발생한다. 금속이 공기 중에서 천천히 녹스는 현상이나 음식물의 소화와 부패 등이 느린 산화에 속한다.

### ❀ 부식

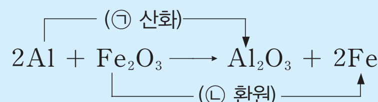
(1) **부식** 금속이 공기 중에서 산소와 수분의 영향을 받아 원하지 않는 산화가 일어나는 것을 말하며, 금속의 부식이 일어나면 광택이 사라지고 구조가 약해져 부서지며, 전기 전도성과 같은 금속의 특성이 사라진다.

(2) **철의 부식** 철이 상온에서 물과 공기(산소)에 의해 산화되어 산화 철이 만들어지는 과정으로, 철은 반응성이 비교적 커서 산화되기 쉬우므로 부식이 잘된다. 산화 철은 금속 표면에서 쉽게 떨어져 나오므로 철의 안쪽까지 부식되어 전체가 못쓰게 된다. 이와 같은 철의 부식은 산화가 느리게 일어나는 예이다. 철뿐만 아니라 다른 금속들도 부식될 수 있으나 철의 부식은 우리 생활에서 가장 쉽게 관찰할 수 있고, 부식을 막기 위해 가장 신경을 쓰는 것 중의 하나이다.

**스스로 해결하기**

연소와 같이 ( 빠른 ) 산화 과정이 있는 반면, 못이 녹스는 과정이 같이 ( 느린 ) 산화 과정도 있다.

**잠깐 체크**



산소와 결합한 물질은 어떤 특징이 있을까?

산소와 결합하여 산화된 물질을 산화물이라고 한다. 탄소가 산화되면 이산화 탄소가 생성되고, 이산화 탄소를 물에 녹인 탄산수는 산성이다. 탄소와 같은 비금속 원소의 산화물은 물에 녹아 산성을 띠는 성질이 있다.

황이나 질소가 산화된 물질도 물에 녹으면 강한 산성을 띤다. 화석 연료의 연소 과정에서 발생한 황 산화물이나 질소 산화물이 공기 중으로 배출되면 빗물에 녹아 산성비를 만들기도 한다. 따라서 황 산화물이나 질소 산화물이 공기 중으로 배출되기 전에 염기성 물질을 이용하여 제거하면 대기오염을 방지할 수 있다.

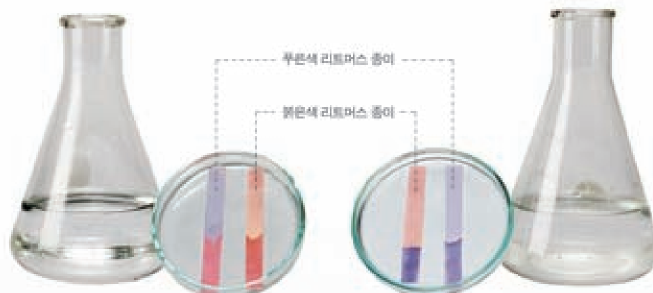



그림 Ⅴ-36 탄산음료_ 이산화 탄소가 물에 녹아 있는 탄산수는 산성이다.

그림 Ⅴ-37 수산화 칼슘 수용액_ 금속 산화물인 산화 칼슘은 물에 녹아 수산화 칼슘이 만들어지면서 염기성 용액이 된다.




그림 Ⅴ-38 산성 용액을 이용한 금속 표면의 녹 제거

이에 비해 금속이 산화되어 생성된 산화물은 물에 녹으면 염기성을 나타낸다. 예를 들어 생석회라고도 부르는 칼슘의 산화물인 산화 칼슘(CaO)을 물에 녹이면 염기성의 석회수($Ca(OH)_2$)가 된다. 산화 칼슘은 산성비가 내려 산성화된 흙이나 호수를 중화시키기 위해 뿌리기도 한다.

또한 금속 표면에 녹이 생겼을 때 녹 성분인 염기성의 금속 산화물을 산성 용액으로 닦으면 금속 표면을 깨끗하게 만들 수 있다.

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 |
|---|---|
| 산소와 결합하는 화학 반응을 무엇이라고 하는가? | 사과의 갈변 현상을 막기 위해 사과를 물에 넣는 이유를 산화와 관련지어 설명해 보자. |

236 여러 가지 화학 반응

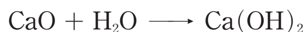


## 과학 돋보기

### 산화물의 특성

(1) **금속 산화물** 금속이 산화하여 생성된 물질로 염기성을 띠며 산성 물질과 반응한다.

① 산화 칼슘(CaO): 물에 녹으면 염기성인 수산화 칼슘 수용액(석회수)이 된다.



$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

② 산화 나트륨($Na_2O$): 물에 녹으면 염기성인 수산화 나트륨 수용액이 된다.



$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH$$

(2) **비금속 산화물** 비금속이 산화하여 생성된 물질로 주로 산성을 띠며 염기성 물질과 반응한다.

① 이산화 탄소($CO_2$): 물에 녹으면 산성인 탄산이 된다.



$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

② 이산화 황($SO_2$): 물에 녹으면 산성인 아황산이 된다.



$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

③ 예외적으로 일산화 탄소(CO)와 일산화 질소(NO)는 산과 염기 어느 것과도 반응하지 않는다.

(3) **양쪽성을 띠는 산화물** 산과 염기에 모두 반응하는 산화물도 있다.

예 $Al_2O_3$, ZnO, SnO, PbO 등

### | 용어 설명 |

**산화 칼슘(CaO)** 생석회라고도 부르는 백색이나 회색 분말 형태의 물질로, 석회석에 고온의 열을 가해서 만든다. 주로 소독제, 표백제, pH 조절제, 식품 첨가제, 비료 등에 사용되는데 물과 반응하면 열이 발생하여 200℃ 이상의 온도까지 도달하기도 한다.

### 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

물질이 산소와 결합하는 반응은 산화이다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

사과를 물에 넣으면 공기 중의 산소와의 접촉이 줄어들기 때문에 사과가 갈변되는 것을 막을 수 있다.

### 참고 자료 파티네이션

청동은 구리와 주석의 합금으로, 조각 재료로 많이 사용된다. 파티나(Patina)는 청동 제품에 나타나는 조직이 매우 치밀한 녹으로, 청동이 대기 중에 노출되어 있으면 오랜 기간 서서히 파티나가 형성되어 전체가 푸른색 파티나로 덮이게 된다. 파티나의 형성을 적절히 사용하여 안쪽의 부식 현상을 막아 작품의 표면을 보호하고, 아름답게 꾸미거나 오래된 것처럼 보이도록 하는 작업을 파티네이션이라고 한다. 파티네이션 과정은 자연적인 부식 과정을 따르거나 자연 부식을 의도적으로 흉내내어 자연스러운 발색을 유도한다. 즉, 구리 표면에 열을 가하면 산화가 일어나면서 붉은색, 갈색 등의 몇 가지 색을 띠게 되는데, 이 산화층을 긁어낸 후 주로 산성 용액을 가해 반응시키는 작업이 파티네이션이다.

파티네이션 기법에는 직접 부식, 증기 부식, 담그기, 표면 가열, 가열 후 부식 등이 있다.



세종대왕 동상의 파티네이션 전후

# 산소의 발견

STEAM 융합

칼 제라시와 로알드 호프만이 쓴 과학 연극 '산소'는 노벨상 제정 100주년을 맞이하여, 노벨상 위원회에서 1901년 이전의 과학자 중에서 산소를 발견한 사람에게 거꾸로 노벨 화학상을 수여하기로 결정하면서 이야기가 전개된다.

18 세기 회상 장면에는 거꾸로 노벨 화학상의 후보인 셸레, 라부아지에, 프리스틀리와 그들의 부인들이, 21세기 현재 장면에서는 위원장을 비롯한 여섯 명의 과학자가 등장한다. 21세기 노벨상 위원회의 과학자들은 18세기의 세 과학자들 사이에서 일어난 일들을 추적하면서 과연 산소의 발견자가 누구인지에 대해 논의한다.

셸레는 시간적으로 가장 먼저 산소를 발견한 것으로 보이지만, 산소의 발견을 발표하지 않았다. 셸레는 자신의 발견에 대해 라부아지에에게 편지를 썼지만 자신이 발견한 기체가 어떤 기체인지를 알지 못했다. 비슷한 시기에 프리스틀리는 셸레와는 독자적으로 산소를 발견하고 이를 발표하였다. 그러나 산소의 존재를 모르던 그 당시 대부분의 사람들은 물질이 연소될 때 플로지스톤이라는 원소가 빠져나가면서 질량이 줄어든다고 생각하였다. 산소를 발견한 프리스틀리조차 산소가 어떤 기체인지를 잘 알지 못하여 연소 반응을 산소와의 결합으로 설명하지 않고 플로지스톤이 빠져나간다고 하는 당시의 잘못된 이론을 믿고 있었다. 셸레의 편지와 프리스틀리의 새로운 기체 발견에 대한 발표 사실들로부터 라부아지에는 산소를 만드는 방법을 알게 되었다. 라부아지에는 정밀하게 실험을 하여 새롭게 발견된 이 기체가 연소, 호흡 등에 필요한 기체라는 사실을 발견하였고, 기체에 '옥시젼(oxygen)', 즉 산소라는 이름을 붙여 주었다.

글 쓰 기 • 산소를 처음 발견한 사람은 과연 누구라고 해야 할지 자신의 생각을 글로 써 보자.
• 과학 연극에 어떤 것들이 있는지 알아보고, 과학 연극 공연을 관람해 보자.



2. 산화–환원 반응 237

## 관련 지식

❀ **셸레** 스웨덴의 화학자로, 1772년 잘 게 부순 연망간석을 진한 황산에 녹이고 가열하여 산소를 얻는 데 성공하였다. 셸레는 산소를 얻었지만 산소의 발견을 발표하지 않았다.

❀ **프리스틀리** 영국의 화학자로, 1774년 실험을 통해 동물의 호흡이나 양초의 연소로 오염된 공기가 식물에 의해 정화된다고 결론을 내렸으며, 식물이 산소를 배출한다는 사실을 발표하였다. 플로지스톤설을 믿었기 때문에 새로운 기체인 산소를 발견하고도 연소가 분해 작용이라는 플로지스톤설에서 벗어나지 못하고 산소를 '탈 플로지스톤 공기'라고 부르며, 산소의 정체를 밝혀내지 못하였다.

❀ **라부아지에** 프랑스의 화학자로, 밀폐된 용기 속에서 수은을 가열하는 실험을 하였더니 붉은색 물질이 생성되고, 공기의 부피가 감소하는 것을 발견하였다. 그리고 이 붉은색 물질을 꺼내서 가열했을 때 생성된 기체가 조연성이 있는 것을 발견하여 플로지스톤설과는 다른 새로운 연소설을 수립하였다. 또한 가열한 주철관에 수증기를 통과시켜 물을 분해하였는데, 이때 생성된 새로운 기체 속에서 물질이 연소할 때 연소 생성물의 대부분이 산의 성질을 가지는 것으로부터 그리스 어의 '신맛이 있다'는 뜻의 oxys와 '생성된다'는 뜻의 gennao를 합쳐 oxygen이라고 이름을 붙여 처음으로 산소라고 명명하였다.

융합 STEAM

글 쓰 기

• 산소를 처음 발견한 사람

① 셸레: 시간적으로 볼 때 가장 먼저 산소를 발견한 사람이므로 셸레를 산소의 발견자로 보는 것이 가장 적합하다.

② 프리스틀리: 새로운 것을 발견하였다고 해도 혼자서만 알고 있는 것은 아무런 의미가 없으므로 이를 가장 먼저 발표하여 다른 사람들이 그 존재를 알도록 한 것이 가장 중요하다고 생각하기 때문에 프리스틀리를 산소의 발견자로 보는 것이 적합하다.

③ 라부아지에: 새로운 것을 발견한다는 것은 그것의 성질과 역할을 제대로 알았을 때 의미가 있다. 따라서 산소의 정체를 밝힌 라부아지에를 최초의 발견자로 보는 것이 적합하다.

• 과학 연극의 예

① 히라타 오리자, 과학하는 마음 1－진화하는 오후

② 히라타 오리자, 과학하는 마음 2－북방 한계선의 원숭이들

③ 히라타 오리자, 과학하는 마음 3－발칸 동물원

④ 칼 제라시, 로알드 호프만, 산소

⑤ 마이클 프레인, 코펜하겐

⑤ 히라타 오리자, 이번 생은 감당하기 힘들어

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 인터넷 검색 엔진에서 산소의 발견과 관련된 각 과학자의 역할을 검색하게 하면 연극 '산소'에 등장하는 인물의 이해에 도움이 된다.

2 과학 동아리반 등의 발표회에서 연극이나 짧은 공연을 하면 학생들의 활동에 도움이 된다.

# 2-2 일상생활에서의 산화－환원 반응

## 학습 내용 안내

(1) 철의 산화 과정(부식)에 필요한 조건을 설명하도록 한다.
(2) 산화－환원 반응을 이용하여 산화된 철에서 철을 얻는 방법을 설명한다.
(3) 철의 부식을 막는 방법을 설명한다.
(4) 생활 주변에서 다양한 산화－환원 반응의 예를 찾아본다.

## 학습 전개

철의 산화 반응인 철의 부식 과정을 이해하도록 지도한다.



철의 환원 반응인 철의 제련 과정을 이해하도록 지도한다.



철의 산화 과정인 철의 부식을 막는 방법을 알도록 한다.



주변에서 볼 수 있는 여러 가지 산화－환원 반응의 예를 알게 한다.



일상생활에서 볼 수 있는 화학 변화에서 산화－환원 반응을 찾을 수 있도록 지도한다.

**찾아보기**

- 네이버 캐스트
  http://navercast.naver.com
  검색어: 산화 반응, 환원 반응
- 유네스코 세계 문화유산
  http://whc.unesco.org
- 과학 공화국 화학 법정 4(2007), 정완상, 자음과 모음

---



# 2-2 일상생활에서의 산화－환원 반응

**학습 목표**

- 생활 주변에서 산화 반응과 환원 반응의 예를 찾을 수 있다.

칼이나 망치와 같은 작은 도구가 아닌 최초의 철 구조물은 1779년 영국 중서부 세번 강에 만들어져 1986년에 유네스코 세계 문화유산으로 지정된 아이언브리지이다. 이와 같은 철 구조물들이 본격적으로 등장하게 된 것은 1889년 파리 박람회의 상징으로 에펠 탑이 세워진 이후이다. 파리에서는 이런 아름다운 구조물들이 부식되지 않고 그대로 보존되도록 하기 위해 눈이 많이 와도 제설용 염화 칼슘의 사용을 자제한다고 한다.

우리나라에도 철 구조물이 많이 있으며, 철 구조물을 보존하기 위해 노력한다. 광화문 앞에 있는 이순신 장군 동상의 겉은 청동으로 되어 있고 내부에는 철로 된 보강재가 있는데, 2010년에는 안쪽으로 부식된 동상을 수리·보강하기 위해 보수 공사를 하였다.

철의 부식은 우리 주변에서 흔히 접할 수 있는 산화 반응이며, 산화된 철에서 다시 철을 얻는 과정은 환원 반응이다. 부식이나 철을 얻는 과정 외에 주변에서 일어나는 산화 환원 반응에는 또 어떤 것들이 있을까?



그림 Ⅰ-39 이순신 장군 동상



그림 Ⅰ-40 철제 교량



---




### 영국의 철제 교량

세계 최초의 철제 아치교인 아이언브리지는 영국 산업 혁명의 상징으로 특별하게 여겨진다. 아이언브리지가 건축된 후 계곡의 이름이 아이언브리지로 바뀔 만큼 아이언브리지는 18세기 영국의 산업 혁명의 과정에서 중요한 위치를 차지한다. 아이언브리지가 놓인 지역은 18세기 초에 발견된 석탄 산지로서 코울브룩데일(Coalbrookdale)이라는 이름을 가졌으며, 코크스를 이용한 철의 제련이 발달한 지역이다.

산업 혁명으로 인한 발달 과정에서 석탄과 많은 철이 사용되기 시작하였고, 그 지역은 산업의 중심 역할을 할 뿐 아니라 물자 수송에서도 중요한 지역이었다. 그러한 배경을 가지고 인간이 만들 수 있는 걸작품 중 하나로서 건축가 토마스 프리처드가 설계한 철로 된 다리가 만들어진 것이다.

아이언브리지는 산업 혁명 시대의 기술과 건축의 발달에 주목할 만한 영향을 끼쳤으며, 산업 혁명의 대표적이며 전형적인 산물로서의 의미를 갖는다. 이러한 중요도로 인해 아이언브리지를 포함하여 아이언브리지 계곡이 1986년 유네스코 세계 문화유산으로 지정되었다.

철은 B.C. 3000년경 철기 시대부터 사용된 금속이지만 부식이 잘 일어나기 때문에 현재까지 원래의 모양 그대로 남아 있는 유물이 흔치 않다.

삼국 시대의 유물인 고리자루 칼을 보면 오랜 시간이 지나 녹이 슬어 있다. 은으로 이루어진 손잡이 부분은 거의 녹이 슬지 않았지만, 철로 된 부분은 형태를 알아볼 수 없을 정도로 많이 녹슬어 있다. 청동으로 만들어진 유물도 오랜 시간에 걸쳐 표면이 부식된 것을 볼 수 있는데, 이와 같이 금속이 부식되는 정도는 종류에 따라 다르다.



그림 Ⅰ-41 고리자루 칼(삼국 시대)

그림 Ⅰ-43 비파형 청동 검(청동기 시대)

시간이 지나면서 철이 부식되어 구조가 약해지고 부서지는 현상은 산화가 일어나기 때문이다. 철은 산화가 잘 일어나기 때문에 자연 상태에서는 금속 형태로 존재하지 않는다.

철이 부식되는 조건을 알아보기 위해 젖은 휴지, 기름, 실리카 젤이 담긴 페트리 접시에 못을 넣어 두면 젖은 휴지에 놓인 못이 가장 빨리 녹슨다.

실리카 젤: 표면적이 매우 넓어 물이나 알코올 등을 흡수하는 능력이 매우 뛰어나 제습제로 많이 사용된다.




그림 Ⅰ-42 철의 부식 정도 비교

이를 통해 철은 물이 있으면 녹이 잘 슨다는 것을 알 수 있다. 그리고 기름에 잠긴 못이 실리카 젤에 들어 있는 못보다 덜 녹슨 것을 통해 녹스는 과정에는 산소가 필요함을 알 수 있다.

따라서 철의 산화 과정에는 물과 산소가 필요하다는 것을 알 수 있다.

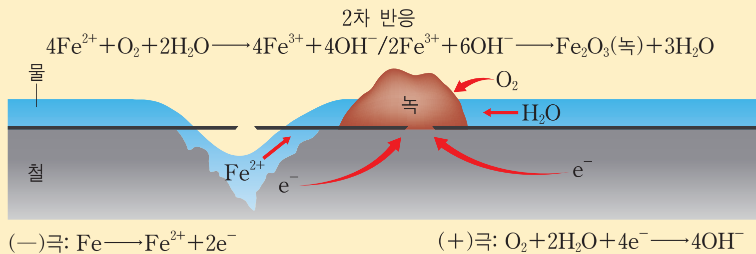
철의 산화 과정: 철(Fe) $\xrightarrow{\text{물, 산소}}$ 산화 철(Ⅲ)($Fe_2O_3$)

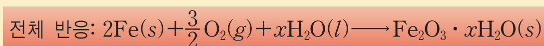
2. 산화-환원 반응 239

## 심화 학습 철의 부식 과정

철이 대기 중에 노출되면 공기와 물에 접촉하여 부식이 일어난다. 철의 부식 과정에서 일어나는 화학 반응은 다음과 같다.

철은 $Fe^{2+}$으로 산화되고 이때 내놓은 전자를 공기 중의 산소가 얻어 환원된다. 그리고 $Fe^{2+}$은 공기 중의 산소와 반응하여 $Fe^{3+}$으로 다시 산화된다. 이렇게 생성된 $Fe^{3+}$이 수산화 이온과 만나 물을 내놓고 최종적으로 붉은색의 산화 철(Ⅲ)($Fe_2O_3$)이 된다.









### ❀ 철의 부식

**(1) 조건에 따른 철의 부식 정도 비교**

| 조건 | 물 | 공기(산소) | 부식 정도 |
|---|---|---|---|
| 젖은 휴지 | ○ | ○ | 많이 녹슴 |
| 기름 | × | × | 녹슬지 않음 |
| 실리카 젤 | × | ○ | 약간 녹슴 |

못을 젖은 휴지 위에 놓으면 물과 공기가 함께 공급되므로 부식이 잘 일어나서 몇 시간이 지나면 녹이 슨 것을 볼 수 있다. 그리고 물을 흡수하는 성질이 있는 실리카 젤 위에 못을 놓으면 실리카 젤이 공기 중의 수분을 흡수하여 못 주변을 건조하게 유지하므로 부식이 잘 일어나지 않아 녹이 슬 때까지 시간이 오래 걸린다. 또한 못을 기름에 담그면 물과 공기를 모두 차단할 수 있으므로 녹이 슬지 않는다.

**(2) 물과 공기** 철의 부식 과정에는 물과 산소가 모두 필요한 것을 알 수 있다. 철의 부식 과정에서 철이 산화되고 산소가 환원된다. 그러나 반응 과정에 산소와 물이 함께 있을 때 철의 부식이 더 빠르게 일어난다.

**(3) 전해질** 철이 접촉하는 물에 전해질이 포함되어 있으면 용액을 통한 전하의 흐름이 빨라지기 때문에 부식이 더 잘 일어난다. 바닷가에서 녹이 더 잘 슬거나 빙판길에 뿌리는 염화 칼슘이 차에 묻으면 차가 더 잘 녹스는 것이 그 예이다.

**(4) 반응성이 작은 금속** 구리와 같이 철보다 산화가 잘 일어나지 않는 금속과 철이 접촉하고 있으면 그 금속보다 철이 먼저 산화되므로 철의 산화가 더 빨라진다.

### ❀ 구리의 부식

구리나 구리의 합금, 즉 황동이나 청동의 표면이 부식되면 녹색을 띠게 되는데, 이것을 녹청이라고 한다. 경우에 따라서는 구리나 구리 합금의 표면을 화학적으로 일정하게 산화시켜 내부를 보호하기도 한다.

자연 상태의 산화된 철에서 우리가 사용하는 철을 어떻게 얻을 수 있을까?

철광석은 자연 상태에서는 주로 산소와 철이 결합한 형태인 산화 철(Ⅲ)($Fe_2O_3$)이나 사산화 삼철($Fe_3O_4$)으로 존재한다. 철광석에서 철을 얻으려면 철광석에 포함된 성분으로부터 산소를 떼어 내야 한다. 이 과정을 철의 제련 과정이라고 한다.

먼저 용광로 속에 철광석과 코크스, 석회석을 함께 넣고 높은 온도의 공기를 불어 넣는다. 그러면 철광석이 녹고 코크스(C)는 산소와 결합하면서 불완전 연소하여 일산화 탄소(CO)가 된다. 일산화 탄소는 철광석으로부터 산소를 빼앗아 이산화 탄소($CO_2$)가 되고 철(Fe)이 얻어진다.



$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

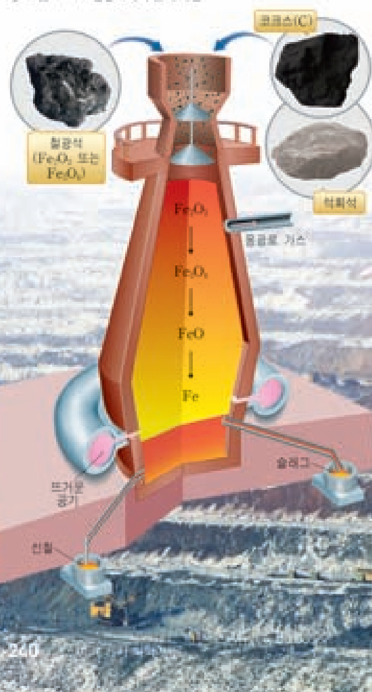


$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

이 과정에서 탄소는 뜨거운 공기 중의 산소와 결합하여 일산화 탄소로 산화되고, 일산화 탄소는 철광석에서 산소를 얻어 이산화 탄소로 산화된다. 철광석에서 산화 철로 있던 철은 산소를 잃고 환원된다.

철광석에서 철 이외의 광물 성분들은 함께 넣어 준 석회석과 함께 슬래그로 만들어져 제거된다.

철 이외에 구리나 알루미늄 등도 자연에서는 산화물로 존재하므로, 금속 형태로 얻기 위해서는 적절한 방법으로 산소를 떼어 내는 제련 과정을 거쳐야 한다.




❶ 그림 1-44 용광로에서 철의 제련



## 과학 돋보기

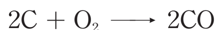
### ❀ 금속의 제련

자연에서 얻는 대부분의 금속은 산화된 화합물의 상태로 얻기 때문에 금속을 얻으려면 환원시키는 과정이 필요하다.

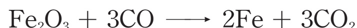
**(1) 철의 제련**

① **용광로에 넣는 물질:** 철광석(적철석($Fe_2O_3$), 자철석($Fe_3O_4$)), 코크스(C), 석회석($CaCO_3$)

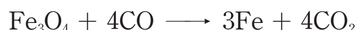
② **용광로에서의 반응:** 코크스는 뜨거운 공기 속에서 일산화 탄소가 된 후 철광석과 반응한다. 이때 일산화 탄소는 산화되고, 철광석의 산화 철은 철로 환원된다.



$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$



$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$



$$Fe_3O_4 + 4CO \longrightarrow 3Fe + 4CO_2$$

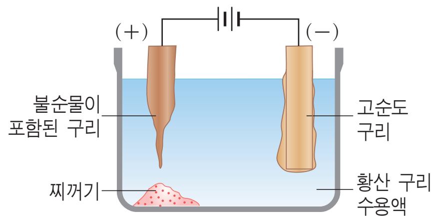
③ **석회석($CaCO_3$)의 역할:** 고온에서 석회석은 산화 칼슘(CaO)과 이산화 탄소($CO_2$)로 나뉜다. 산화 칼슘은 철광석에 포함된 불순물(주로 암석의 주성분인 이산화 규소)과 반응하여 슬래그를 만든다. 슬래그는 주성분이 규산화 칼슘($CaSiO_3$)과 산화 알루미늄($Al_2O_3$)이며, 녹아 있는 철 위에 떠 있으므로 따로 걷어낸다.

④ **선철:** 생성된 철은 순수한 철이 아니라 약 철 90 %, 탄소 5 %, 망가니즈 2 %, 규소 1 %, 그 외에 인이나 황이 포함된 선철이다. 선철은 다른 과정들을 거쳐 불순물의 함량을 낮추어 강철을 만들기도 하고, 적절한 다른 금속을 더 혼합하여 합금을 만들기도 한다.

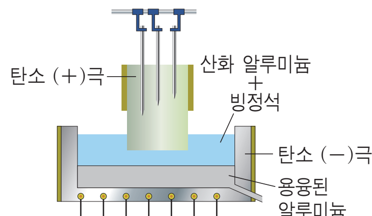
**(2) 구리의 제련** 구리는 자연에서 원소 상태로 발견되기도 하지만 주로 화합물로 얻어지며, 철의 제련과 같이 코크스를 이용한 제련 과정으로 얻을 수 있다. 그러나 제련 과정으로 얻은 구리는 순도가 낮기 때문에 전기 분해의 방법을 응용하여 순수한 구리를 얻는다. 순수하지 않은 구리를 전기 분해 과정에서 구리 이온($Cu^{2+}$)으로 산화시켰다가 다시 구리로 환원시키면 순수한 구리를 얻을 수 있다.

**(3) 알루미늄의 제련** 알루미늄은 자연에서 주로 산화 알루미늄($Al_2O_3$)과 다른 물질들이 혼합된 보크사이트라는 광석으로 존재한다. 알루미늄은 지각의 금속 원소 중 매장량이 가장 많지만 반응성이 매우 크고, 광석의 녹는점이 매우 높아 제련하기 어려워서 19세기 후반에 서야 금속으로 얻을 수 있게 되었다.

알루미늄 광석인 보크사이트에서 산화 알루미늄을 얻은 후, 빙정석($Na_3AlF_6$)과 함께 약 1,000℃로 가열하여 녹인 다음 흑연 전극을 이용하여 전기 분해한다. 이 과정에서 산화 알루미늄은 산소를 잃고 알루미늄으로 환원되고, 탄소는 산소를 얻어 이산화 탄소로 산화된다.




❷ 구리의 제련




❸ 알루미늄의 제련

일상생활에서 철은 그대로 놓아 두면 공기 중의 산소와 수증기에 의해 부식되어 사용할 수 없게 되는 경우가 있다. 어떻게 하면 철의 부식을 막을 수 있을까?

철에 녹이 슬지 않게 하기 위해서는 녹스는 데 필요한 물과 산소를 차단하는 것이 가장 간단한 방법이다. 예를 들어 페인트나 기름 등을 칠하여 철이 공기와 직접 닿지 않도록 하는 것이다. 그 밖에도 다른 금속과 혼합하는 방법이 있다. 스테인리스강은 철에 크로뮴, 니켈 등을 섞어 만든 것으로서, 녹슬지 않는 철이라는 뜻을 가진다.



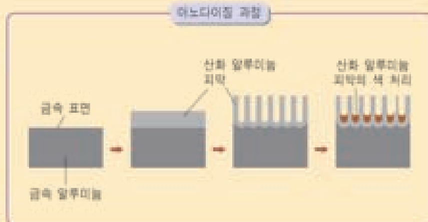
그림 Ⅰ-45 철의 부식 방지 방법

**과학 자료실** 알루미늄의 산화 방지 방법_아노다이징

생활 속에서 알루미늄은 자동차 바퀴의 휠, 자전거의 일부, 냄비, 창틀 등으로 많이 사용된다. 알루미늄은 철보다 산화가 잘 되는 금속이지만 알루미늄으로 된 물건들은 쉽게 부식되지 않는다. 알루미늄이 산화되면 산화 알루미늄이 되는데, 이것은 알루미늄 표면에 치밀한 막을 만들어 안쪽의 알루미늄이 산화되는 것을 막아 준다. 그러나 알루미늄이 자연적으로 산화되면 불규칙적으로 산화가 일어나기 때문에 표면이 깨끗하지 않고, 산화 알루미늄의 막이 얇게 만들어져 쉽게 긁혀 부식되기 때문에 안쪽을 충분히 보호하기가 어렵다. 이러한 현상을 막기 위한 방법이 아노다이징이다.

아노다이징은 알루미늄 판을 전극에 연결하고 전기 분해의 원리를 이용하여 일정한 두께의 산화 알루미늄이 고르게 만들어지도록 하는 과정이다. 아노다이징을 하면 산화 알루미늄을 충분히 두껍게 만들 수 있어 안쪽 알루미늄에 흠집이 잘 생기지 않도록 할 수 있다. 한편, 알루미늄의 아노다이징 과정에서는 우물 모양의 구멍이 생기는데 여기에 염료가 들어가도록 하여 색을 띠게 할 수도 있다.

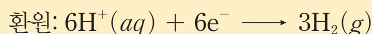

아노다이징 제품

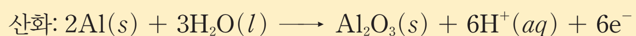


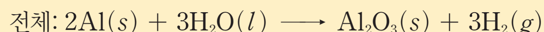



## 심화 학습 알루미늄의 아노다이징

알루미늄은 은색 금속이지만 여러 가지 색깔의 알루미늄 제품이 나오기도 한다. 이와 같은 것들은 모두 아노다이징 방법으로 색을 입힌 것이다. 아노다이징이 일어나는 동안의 화학 반응은 전기 분해를 이용한다.


환원: $6H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 3H_2(g)$


산화: $2Al(s) + 3H_2O(l) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 6H^+(aq) + 6e^-$


전체: $2Al(s) + 3H_2O(l) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2(g)$

전기 분해를 하는 동안 흘려주는 전류를 다르게 하면 산화 알루미늄의 두께가 달라진다. 보통 0.01 mm의 두께로 만드는데, 이는 금속 알루미늄 표면에 산화 알루미늄으로 4만 개 정도의 원자 층이 입혀지는 것과 같다.

전기 분해의 과정에서 산화 알루미늄 막에 우물 모양의 구멍이 생기는데, 이 구멍의 크기도 전기 분해 조건을 다르게 하면 조절할 수 있다. 그리고 전해질에 유기 염료 분자들을 넣어 주면 이 구멍들이 스펀지처럼 유기 염료 분자들을 흡수하여 알루미늄이 색을 띨 수 있는 것이다.



## 과학 돋보기

### 철의 부식을 막는 방법

(1) **물과 산소를 차단하기** 철의 표면에 페인트를 칠하거나 기름칠을 하여 물과 산소를 차단한다.

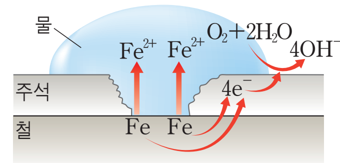
(2) **도금하기** 반응성이 작아 쉽게 산화되지 않는 물질을 철 표면에 도금한다.
예 금이나 은 도금하기, 철에 주석을 입힌 양철 만들기 등

(3) **음극화 보호** 철보다 산화가 잘되는 금속을 철에 연결하면 이 금속이 철보다 먼저 산화되어 철의 부식을 방지한다.
예 선박에 아연 부착하기, 주유소의 기름 탱크에 마그네슘 연결하기, 철에 아연을 입혀 함석 만들기 등

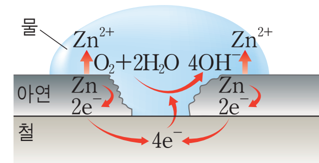
(4) **합금 만들기** 한 금속에 다른 금속을 섞어 합금을 만들어 녹슬지 않게 한다.
예 철에 크로뮴과 니켈을 섞어 만든 스테인리스강

### 양철과 함석의 비교

(1) **양철** 철을 주석으로 도금한 것으로, 주석이 철보다 반응성이 작기 때문에 도금한 표면의 주석이 벗겨지면 철이 더 빨리 부식될 수 있다.




(2) **함석** 철을 아연으로 도금한 것으로, 아연은 철보다 반응성이 크기 때문에 도금한 표면의 아연이 벗겨지더라도 철보다 아연이 먼저 산화되므로 철을 보호할 수 있다.




### 부동태를 만들어 금속의 부식 막기

금속의 표면을 미리 산화시켜 치밀한 막을 만들어 안쪽의 금속을 보호하기도 한다. 알루미늄의 경우에는 표면에 산화 알루미늄($Al_2O_3$) 피막을 형성하여 내부를 보호한다.



과학 돋보기

### ❀ 생활 속의 산화-환원 반응

**(1) 표백**

① **원리:** 일반적으로 색을 띠는 물질들은 빛을 흡수하는 분자 구조를 가지고 있다. 산화 표백제는 그 분자 내의 결합들을 끊어서 다른 물질이 되게 하여 색이 없어지게 한다. 환원 표백제는 그 분자 내의 빛을 흡수할 수 있는 이중 결합 구조를 단일 결합으로 바꾸어 색을 띠지 않게 한다.

② **산화 표백:** 산화제를 주로 사용한다.

- 염소계 표백제: 하이포아염소산 이온이 포함된 용액이나 표백분을 사용한다.
- 산소계 표백제: 과산화 수소, 과탄산 나트륨($2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$) 등을 사용한다.

③ **환원 표백:** 환원제를 주로 사용하는데, 이산화 황, 아황산 수소 나트륨 등을 이용한다.

**(2) 식품에 사용하는 표백제** 식품의 표백 및 보존을 목적으로 사용하는 아황산 염류는 모두 강한 환원성을 가지고 있고, 산성 용액 중에서 분해하여 생성되는 아황산에 의해 식품 중의 색소 성분이 표백된다. 박고지, 건조 과일류, 건포도, 과일주, 곤약분, 건조 감자 등에 사용된다. 1일 섭취 허용량(어떤 물질을 일생 동안 매일 먹더라도 유해한 작용을 일으키지 않는 체중 1 kg당 1일 섭취량)은 0~0.7 mg/kg · bw/day(이산화 황으로서)로 설정되어 있다.

**(3) 발효** 술을 빚거나 빵 반죽을 발효시킬 때 녹말의 일부가 포도당으로 분해되고, 포도당은 산화되어 에탄올이 만들어진다. 그리고 에탄올이 더 산화되면 아세트산이 되어 식초를 만들 수 있다. 그 외에도 된장이나 간장, 김치가 익는 과정 등의 발효 과정도 음식물이 산화되는 과정이다.

**(4) 부패** 음식물이 부패되는 것도 미생물에 의한 산화 과정인데 발효는 그 결과물이 유용한 경우라고 할 수 있고, 부패는 악취와 함께 유해한 물질이 만들어지는 경우라고 할 수 있다.



❸ 그림 Ⅰ-46 섬유의 표백 전과 후

이 밖에도 주변에서 볼 수 있는 산화-환원 반응에는 여러 가지가 있다.

섬유 등에 부착되어 있는 색소나 불순물을 제거하면 흰색 섬유가 된다. 이때 산화-환원 반응을 이용하면 섬유는 손상시키지 않으면서 색소만 제거할 수 있으며, 이러한 역할을 담당하는 물질이 표백제이다. 표백제에는 물질을 잘 산화시키는 성질을 이용한 산화 표백제와 환원시키는 성질을 이용한 환원 표백제가 있다.

식품의 색깔을 없애는 데에도 표백제가 사용되는데, 표백제가 인체에 미치는 영향을 고려하여 그 종류와 사용량을 식품 위생법에 따라 제한하고 있다.

당도가 높은 포도를 이용하여 술을 빚는 과정에서도 산화-환원 반응이 이용된다. 포도의 당분이 분해되어 생성된 포도당이 산화되면 에탄올을 포함한 술이 된다. 과일을 이용하여 식초를 만드는 과정에서는 과일의 당분으로부터 만들어진 에탄올이 더 산화되어 아세트산이 된다.



❸ 그림 Ⅰ-47 포도를 산화시켜 만든 포도주

그리고 음식물이 산화되지 않도록 할 때에도 산화-환원 반응을 이용한다. 포장되어 판매되는 빵은 포장 과정에서 산화 방지제를 넣는 경우가 있다. 빵에 넣는 산화 방지제에는 철가루가 들어 있어 철이 산화되면서 산소를 제거하여 빵이 산화되는 것을 막아 준다.



❸ 그림 Ⅰ-48 포장 빵의 산화 방지제



수돗물의 정수 과정에서는 물속의 불순물을 제거한 후 마지막 단계에서 미생물을 제거하기 위해 여러 가지 방법을 사용하는데, 오존($O_3$)을 이용하면 반응성이 큰 오존이 물속의 물질들과 미생물을 산화시켜 깨끗한 물을 만든다.

242 Ⅰ. 여러 가지 화학 반응

**(5) 산화 방지제** 산소와 반응하여 쉽게 산화됨으로써 다른 물질이 산화되는 것을 막을 수 있는 물질이다.

빵의 포장 과정에서 넣기도 하는 철가루가 든 산화 방지제는 흔들어 사용하는 손난로와 같은 종류의 반응을 이용하기 때문에 산화 방지제의 표면을 만져 보면 따뜻한 경우가 있다. 과자나 라면의 면 등 기름에 튀긴 음식은 공기 중의 산소와 반응하여 산화될 수 있는데, 이런 경우 색이 변하거나 맛이 떨어질 뿐 아니라 기름이 산화됨으로써 유해한 물질이 생성될 수 있어 음식물에 직접 산화 방지제를 넣기도 한다. 식품에 넣는 산화 방지제로 토코페롤(바이타민 E)이나 뷰틸하이드록시 아니솔과 같은 지용성 물질은 기름이나 지방이 포함된 식품에 사용하고, 아스코르브산(바이타민 C)이나 에리소르브산과 같은 수용성 물질은 과일 가공품이나 절임 식품에 사용한다. 그리고 표백제로 사용하는 환원성 물질들도 식품에 첨가되었을 때 산화 방지제의 역할을 할 수 있다.

**(6) 수돗물의 소독** 수돗물의 정수 과정에서 미생물을 제거하기 위해서는 염소 소독법, 오존 살균 처리법, 자외선 살균 처리법 등을 이용한다. 이 중 오존을 이용하는 경우는 오존이 강한 산화력을 가지고 있어 소량으로도 강력한 소독 작용을 하여 미생물의 제거 효과가 매우 우수하며 물에 오래 잔류하지 않아 주변 생태계에 거의 영향을 미치지 않는다.

또한 우리가 자주 섭취하는 채소와 과일에는 항산화 물질이 많아 건강에 좋다고 하는데 항산화 물질은 무엇이며, 산화 반응과 어떤 관련이 있을까?

항산화제는 산화 방지제라고도 하며, 다른 물질이 산화되는 것을 막아 줄 수 있는 물질이다.

산화 반응과 관련된 산소는 우리가 호흡하는 데 꼭 필요한 물질이다. 그러나 호흡 과정에서 반응성이 큰 물질들이 만들어져 몸안에 있는 물질들의 산화가 과도하게 일어날 수 있다. 항산화 물질은 이런 반응성이 큰 산소들과 먼저 반응을 일으켜 우리 몸 안에서 산화가 과도하게 일어나는 것을 막는 항산화제로 작용한다.

항산화 효과가 있는 물질은 자연계에 매우 많다. 바이타민 C, 바이타민 E, 보라색 과일이나 채소에서 볼 수 있는 안토사이아닌, 플라보노이드 등이 항산화 효과를 가지고 있다.

❸ 그림 Ⅰ-49 항산화 물질을 포함한 채소와 과일

잠깐 체크 과일이나 채소에 많이 포함된 바이타민 C처럼 산소와 반응을 잘하여 다른 물질의 산화를 막아 주는 물질을 무엇이라고 하는가?

과학 자료실 활성 산소

산소는 혈관을 통해 우리 몸 구석구석으로 퍼지면서 살아가는 데 필요한 활력을 주는 중요한 역할을 한다. 그러나 몸속으로 들어간 산소는 산화 과정을 거치면서 불안정한 상태의 산소로 변하는데, 이것이 또 다른 산소인 활성 산소이다.

활성 산소는 불안정하기 때문에 사람의 몸속에서 산화 작용을 일으킨다. 이렇게 되면 세포막, DNA를 비롯한 세포 구조가 손상되고, 손상된 정도에 따라 세포가 기능을 잃거나 변질된다. 따라서 여러 가지 질병에 걸리기도 하며 노화를 촉진시킨다. 실제로 현대인의 질병 중 약 90 %가 활성 산소와 관련되어 있다고 알려져 있다.

그러나 활성 산소가 나쁜 영향을 주는 것만은 아니다. 병원체나 이물질을 제거하기 위한 생체 방어 과정에서 발생하는 산소나 과산화 수소와 같은 활성 산소는 강한 살균 작용을 하여 병원체로부터 인체를 보호하기도 한다.

활성 산소

일반 세포

2. 산화-환원 반응 243

## 과학 돋보기

### ❀ 활성 산소의 종류

활성 산소에는 과산화 수소(H−O−O−H), 과산화 이온($O_2^{2-}$), 초과산화 이온($O_2^-$), 하이드록시 라디칼(HO), 전자 배치가 보통의 안정한 산소와 달라서 불안정한 싱글렛 옥시전 등이 있다. 이 물질들은 모두 불안정하며 다른 물질들을 쉽게 산화시키고 자신은 환원된다. 인체 내에서는 이러한 활성 산소를 제거하기 위한 물질들도 함께 만드는데, 예를 들어 카탈레이스와 같은 효소는 과산화 수소를 물과 산소로 분해한다.

활성 산소가 노화나 암, 루게릭 병 등의 원인으로 알려져 있어서 활성 산소는 해로운 것으로 알고 있는 경우가 많다. 그러나 최근의 연구 결과들로부터 활성 산소는 우리 몸의 세포들 사이의 신호 전달 물질로도 사용되기 때문에 몸속에서 일부러 만들어 낸다는 것도 알려졌다.

**잠깐 체크**

항산화제라고 한다. 항산화제는 산화가 잘되는 물질로, 항산화제가 산화되어 다른 물질의 산화가 일어나지 않도록 한다.

## 과학 돋보기

### ❀ 항산화 물질

(1) **항산화제** 다른 물질보다 먼저 산화되어 다른 물질의 산화를 막아 주는 물질이다.

(2) **몇 가지 항산화 물질**

① **아스코르브산**(바이타민 C): 아스코르브산은 습한 환경에서 산소와 쉽게 반응하여 디하이드로아스코르브산으로 산화된다. 아스코르브산은 이와 같이 자기 자신이 쉽게 산화되면서 다른 물질이 산화되지 않도록 도와주므로 항산화제로 사용된다.

HO, HO, H, O, O, HO, OH — 산화 ⇄ 환원 — HO, HO, H, O, O, O, O

아스코르브산 디하이드로아스코르브산

디하이드로아스코르브산은 생리 활성을 나타내지는 못하지만, 체내로 흡수되면 환원 효소에 의해 다시 아스코르브산으로 환원된다.

② **토코페롤**(바이타민 E): 식물성 기름에 많이 포함되어 있고, 토코페롤은 다음과 같은 기본 구조를 가지며, $R_1$, $R_2$, $R_3$에 따라 몇 가지 종류가 있다.

$R_1$, HO, $R_2$, $R_3$, O

$\gamma$−토코페롤이 가장 일반적이고, $\alpha$−토코페롤이 생리 활성이 가장 좋다고 알려져 있다.

③ **안토사이아닌**: 안토사이아닌은 식물의 표피 세포의 액포 수액에서 발견되며, 다음과 같은 기본 구조를 포함하는 복잡한 구조의 유기 화합물이다.

$R_1$, OH, HO, $O^+$, $R_2$, OH, OH

안토사이아닌은 산성에서 붉은색, 염기성에서 푸른색을 나타내며 산성도에 따라 노란색, 초록색, 보라색 등 다양한 색을 나타낼 수 있다.

## 탐구 활동 조사

### 목표

나의 하루 일과에서 나타나는 산화-환원 반응을 조사해 보고, 이를 통해 일상생활과 산화-환원 반응이 밀접한 관계가 있다는 것을 알 수 있다.

### 원리 설명

1 연소는 산소와 결합하면서 빛과 열을 내는 반응으로, 대표적인 산화-환원 반응이다. 도시가스의 주성분인 메테인의 연소 반응은 다음과 같다.



$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

대부분의 화석 연료들도 탄소와 수소가 주성분이고, 연소되면 이산화 탄소와 물이 생성되며, 이 연소 반응들은 모두 연료가 산화되고, 산소가 환원되는 산화-환원 반응이다.

2 광합성은 이산화 탄소와 물이 포도당과 산소로 바뀌며, 호흡은 그 반대의 과정이다.

3 된장과 같이 발효 식품이 만들어지는 발효 과정은 미생물에 의한 산화 과정이며, 음식물이 상하는 것은 미생물에 의해 음식물이 산화되면서 악취와 함께 유해한 물질이 만들어지는 과정이다.

4 사과를 깎아서 공기 중에 놓아두면 사과가 공기 중의 산소와 반응하여 갈색으로 변한다. 이를 갈변 현상이라고 하며 사과에 들어 있는 효소 때문에 나타나는 현상이다. 이러한 갈변 현상이 나타나는 것에는 감자, 바나나 등이 있다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 학생들의 창의·인성을 고려하여 모둠별 활동이 이루어지도록 지도한다.

2 여러 가지 산화-환원 반응을 찾을 수 있도록 하며, 각각의 구체적인 반응들은 심화 내용이므로 모든 학생들이 알게 할 필요는 없다.

3 주변에서 볼 수 있는 물질의 화학 변화 중 매우 많은 것들이 산화-환원 반응임을 학생들이 깨닫게 한다.

---

탐구 활동 일상생활에서의 산화-환원 반응 조사

다음은 나의 하루 일과를 나타낸 것이다.



○7:00 기상

우리 가족과 이모네 가족이 캠핑장으로 야유회를 가기로 한 날이다. 맛있는 냄새가 나서 부엌에 가 보니 가스레인지 위에서 찌개가 맛있게 끓고 있다.

"우와~ 맛있겠다!" 우리집 가스레인지는 도시가스를 사용한다. 도시가스 성분에 대해 과학 시간에 배웠는데 잘 생각이 나지 않는다. 어쨌든 연료가 타면서 발생하는 열이 음식 재료들을 맛있게 만들어 준다.



○10:00 캠핑장

일곱 살 된 쌍둥이 사촌 동생 철수와 철희는 재미있게 생긴 모자를 쓰고, 풍선을 한 개씩 들고 나타났다.

우리가 자리를 편 옆에는 숲이 우거져 있었다.

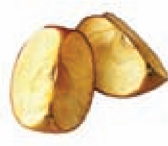
"녹색 이파리들이 열심히 광합성을 하고 있겠지. 아, 나뭇잎들이 내놓는 산소를 흡입해 줘야겠다. 후~, 하~"



○12:00 점심

이리저리 뛰어다니는 사촌 동생들을 쫓아다니면서 놀다 보니 정말 배가 고팠는데 점심 식사가 아주 꿀맛이다.

캠핑장에서는 역시 상추쌈이 최고이다. 이 쌈장은 외할머니께서 작년에 담그신 된장으로 만든 것인데 정말 맛있다. 된장 같은 콩 발효 식품이 항암 효과도 좋다는데, 우리 가족 모두 건강하게 오래오래 행복했으면 좋겠다.



○14:00 후식

"애들아, 이리 와서 과일 먹어라."

밥을 먹자마자 개울가에서 뛰어놀던 동생들을 데리고 가 보니 깎아 놓은 사과가 벌써 갈색으로 변하기 시작했다.

사과는 왜 색깔이 쉽게 변하는 것일까?



○17:00 귀가

즐거운 하루를 보내고 돌아온 후에.

"어? 먹다 만 밥이 아직도 놓여 있네."

그런데 냄새가 이상하다. 아침에 밥이 많다고 남긴 것을 미처 치우지 못했는데 이런 일이 일어나다니…… 음식을 버리면 안 되는데…….



---

### 결과

1

| | 산화-환원 반응 |
|---|---|
| ① | 도시가스의 연소 ➡ 연소는 대표적인 산화-환원 반응이다. |
| ② | 광합성 ➡ 이산화 탄소와 물이 태양의 빛에너지를 받아 일어나는 산화-환원 반응이다. |
| ③ | 호흡 ➡ 광합성이 거꾸로 일어나는 것으로 볼 수 있다. 연소와 같은 반응이 우리 몸 안에서 천천히 일어나는 것이다. |
| ④ | 발효 식품 ➡ 발효 과정은 음식물이 좋은 방향으로 산화되는 과정이다. |
| ⑤ | 사과의 갈변 ➡ 사과에 들어 있는 성분이 산화되는 과정이다. |
| ⑥ | 밥의 부패 ➡ 미생물에 의한 산화 과정인데, 발효와 달리 유해한 물질이 만들어진다. |

2 ① 머리카락의 파마: 파마약을 바르면 머리카락이 환원되고, 중화제를 바르면 머리카락이 산화된다.

② 전지: 건전지나 충전지 등을 사용하거나 충전할 때 산화-환원 반응이 일어난다.

### 해석 창의·인성

도시가스의 주성분인 메테인의 연소에서 메테인이 산화되고, 산소가 환원된다.

조사

목·표

우리 주변에서 산화–환원 반응의 예를 찾을 수 있다.

준·비·물

잡지나 신문, 도화지, 가위, 풀, 색연필 또는 여러 가지 색깔의 사인펜

유·의·점

오려도 되는 자료만 오리도록 한다.

과정

❶ 나의 하루 일과에 나타난 여러 가지 산화–환원 반응을 찾아본다.

❷ 잡지나 신문에서 산화 환원 반응을 더 찾아 그 내용을 오려서 도화지에 붙이거나 글과 그림으로 표현한다.

❸ 모둠별로 찾은 산화 환원 반응을 발표한다.



결과

1 나의 하루 일과에서 산화–환원 반응을 세 가지 이상 찾아 기록해 보자.

| | 산화–환원 반응 |
|---|---|
| ① | |
| ② | |
| ③ | |

2 각 모둠의 결과를 발표해 보자. 다른 모둠의 결과 중에서 우리 모둠에서 찾지 못한 것이 있는가?

해석 창의 · 인성

산화–환원 반응의 예들 중 하나를 골라 산화된 물질과 환원된 물질을 찾아보자.

액화 천연 가스(LNG)나 액화 석유 가스(LPG)에 불을 붙이면 연소 반응이 일어나는데, 이는 산화 반응의 대표적인 예이다. 종이가 오래되면 누렇게 변하는 것도 종이를 이루고 있는 셀룰로스가 산화되어 일어나는 변화이다. 이와 같이 산화–환원 반응은 우리 생활 가까이에서 다양하게 일어나고 있다.

자기 주도 학습

생활 속 문제 해결하기

겨울철에 제설제를 뿌린 도로를 주행한 차는 반드시 세차를 하는 것이 좋다고 하는데 그 이유를 설명해 보자.

과학과 기술, 사회 연관 짓기

화재로 미술 작품에 생긴 그을음에 산소 원자를 쏘여 주면 복원된다고 한다. 이 현상을 산화–환원 반응을 이용하여 설명해 보자.

2. 산화–환원 반응 245

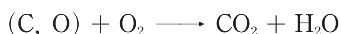
## 자·기·주·도·학·습

▶ **생활 속 문제 해결하기**

산화–환원 반응 중 부식은 전해질이 녹아 있는 용액에서 더 잘 일어난다. 특히 철로 되어 있는 자동차에 제설제가 묻어 있으면 부식이 빠르게 일어날 수 있으므로, 전해질 역할을 하는 제설제를 제거하기 위해 자동차의 아래까지 물로 깨끗하게 세차를 하는 것이 좋다. 그리고 바닷가에서는 공기 중의 수분에도 염분이 일부 포함될 수 있어 철 구조물들이 더 쉽게 부식될 수 있다. 따라서 바닷가의 철 구조물은 페인트를 칠하거나 부식이 잘 일어나지 않는 스테인리스강 등의 재질을 사용하는 등 사전에 부식을 방지해야 한다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

화재로 생긴 그을음의 성분은 주로 탄소(C)이며, 탄소와 수소로 이루어진 화합물도 일부 포함되어 있다. 이 그을음에 산소 분자($O_2$)보다 반응을 매우 잘하는 산소 원자(O)를 쏘여 주면 탄소는 산소 원자와 반응하여 이산화 탄소($CO_2$)가 되고 수소는 물, 즉 수증기($H_2O$)가 되어 날아가므로 미술 작품을 복원할 수 있다.

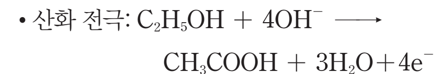


$$(C,\ O) + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

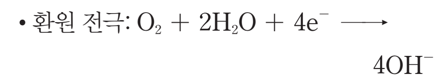
## 학습 자료실

### 산화–환원 반응을 이용한 연료 전지 음주 측정기

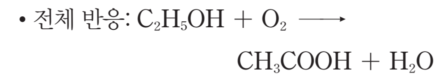
음주 측정기는 호흡할 때 방출되는 에탄올의 양이 혈액 내 에탄올의 농도와 비례함을 이용하여 음주 여부를 측정하는 기구이다. 이러한 음주 측정기는 일반적으로 에탄올이 비교적 쉽게 산화되는 현상을 이용한다. 그중 연료 전지 음주 측정기에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.



• 산화 전극: $C_2H_5OH + 4OH^- \longrightarrow CH_3COOH + 3H_2O + 4e^-$

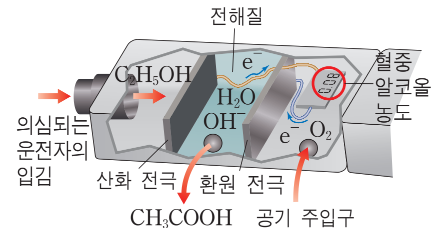


• 환원 전극: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$



• 전체 반응: $C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O$

에탄올의 양이 많을수록 위의 반응이 음주 측정기에서 일어나는 동안 전류가 많이 흐르게 된다. 그리고 음주 측정기는 이 전류의 세기를 측정하고 혈중 알코올 농도로 환산하여 나타내 준다.



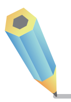

❸ 연료 전지 음주 측정기

### 머리카락의 탈색

머리카락을 탈색할 때 많이 사용하는 물질은 과산화 수소이다. 과산화 수소는 머리카락의 검은색 색소인 멜라닌을 산화시켜 파괴하므로 머리카락이 하얗게 탈색된다. 또한 과산화 수소는 머리카락의 다른 성분들도 산화시키는데, 그 결과 서로 잘 달라붙는 구조가 생겨 머리카락이 쉽게 엉킨다.

### 전지

전지는 산화–환원 반응을 이용한 대표적인 생활용품 중 하나이다. 대부분의 전지는 (–)극에서 금속이 산화되고, (+)극에서 다른 금속의 산화물이 환원된다.



# 대단원 마무리

## Ⅴ. 여러 가지 화학 반응

### 개념 정리하기

❶ 산

❷ BTB

[해설] BTB 용액은 산성에서는 노란색, 염기성에서는 파란색을 나타낸다.

❸ 금속

❹ 염산

[해설] 염산은 위에서 분비되는 위산의 주성분이다.

❺ 염기

❻ 페놀프탈레인

[해설] 페놀프탈레인 용액은 산성에서는 무색, 염기성에서는 붉은색을 나타낸다.

❼ 전류

❽ 이온화

[해설] 강산과 강염기는 이온화가 잘 일어나기 때문에 수용액에 각각 수소 이온과 수산화 이온이 많다.

❾ 석회

[해설] 석회의 주성분은 산화 칼슘(CaO)이다.

❿ pH

⓫ 물

⓬ 중화

⓭ 온도

[해설] 중화 반응이 일어나면 중화열이 발생한다.

⓮ 산화

[해설] 산화라는 말은 산소와 결합한다는 의미가 있다.

⓯ 환원

[해설] 환원이라는 말은 산소와 결합한 상태에서 원래 상태로 돌아간다는 의미가 있다.

⓰ 동시에

⓱ 염기성

⓲ 환원, 산화

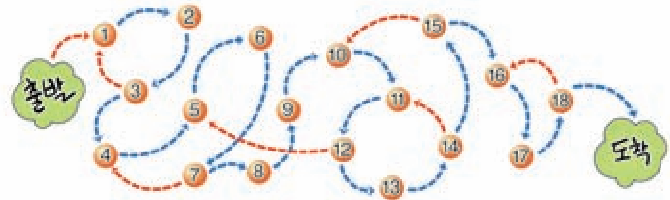
[해설] 철은 자연 상태에서 주로 산화물 상태로 광물에 포함되어 있다. 산화물 상태에서 철을 얻는 제련 과정은 산소를 떼어 내므로 환원되는 것이고, 부식되는 과정은 산소와 결합하므로 산화되는 것이다.

대단원 마무리

Ⅴ. 여러 가지 화학 반응

개념 정리하기

■ 출발점에서 시작하여 번호 순서대로 문제를 풀어 나가면서 도착점까지 이동합니다.




❶ 물에 녹아 수소 이온($H^+$)을 내놓는 물질을 ______(이)라고 한다.

❷ 산 수용액에 ______ 용액을 떨어뜨리면 노란색으로 변한다.

❸ 산은 알루미늄과 같은 ______과(와) 반응하여 수소 기체를 발생한다.

❹ 위에서 분비되어 단백질의 소화를 돕고 살균 작용을 하는 것은 ______이다.

❺ 수산화 이온($OH^-$)을 내놓는 물질을 ______(이)라고 한다.

❻ 염기 수용액에 ______ 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.

❼ 산과 염기의 수용액에 전원 장치를 연결하면 ______(이)가 흐른다.

❽ 강산이나 강염기는 ______(이)가 잘 일어난다.

❾ 산화 칼슘이 주성분이며, 물과 반응하여 수산화 칼슘이 되는 것은 ______이다.

❿ 상온의 수용액이 산성이면 ______(이)가 7보다 작고 염기성은 7보다 크며, 중성은 7이다.

⓫ 산과 염기가 반응할 때 수소 이온과 수산화 이온이 만나서 ______(이)가 만들어지고, 산의 음이온과 염기의 양이온이 만나서 염이 만들어진다.

⓬ ⓫번과 같은 반응을 ______ 반응이라고 한다.

⓭ 산과 염기가 반응할 때에는 열이 발생하여 ______(이)가 올라가고, 중화점 이후에는 열이 발생하지 않는다.

⓮ 물질이 산소를 얻는 반응을 ______ 반응이라고 한다.

⓯ 물질이 산소를 잃는 반응을 ______ 반응이라고 한다.

⓰ 산화 반응과 환원 반응은 항상 ______ 일어난다.

⓱ 비금속의 산화물은 물에 녹아 산성을 띠고, 금속의 산화물은 물에 녹으면 ______을(를) 띤다.

⓲ 철의 제련 과정에서 철광석 속의 철은 ______되고, 금속 철이 부식되는 과정에서는 ______된다.

246 Ⅴ. 여러 가지 화학 반응

### ✚참고 자료 우주선과 화학 반응

우주선이 지구 위에서 궤도를 따라 움직일 때에는 원심력과 지구 중력을 이용하고, 지구로 돌아올 때에는 지구 중력을 이용하므로 궤도에 도달한 이후에는 많은 양의 연료가 필요하지 않다. 그러나 대기권 밖으로 우주선을 쏘아 올릴 때에는 연료를 연소시켜 로켓이 큰 추진력을 얻어야 한다. 이때 짧은 시간 안에 많은 연료를 연소시켜야 하므로 산소가 많이 필요한데, 대기권 상층부를 통과할 때에는 공기가 희박하여 산소가 거의 없다. 따라서 로켓에는 연료뿐만 아니라 연소에 필요한 산화제를 함께 실어야 한다. 연료와 산화제를 합하여 추진제라고 하는데, 산화제로 액체 산소나 과산화 수소 등이 사용된다.

밀폐된 우주선 내에서 우주인들의 호흡에 필요한 산소도 가져가야 한다. 그리고 우주선 내부의 공기 중에 호흡의 결과로 발생한 이산화 탄소가 계속 증가하면 안 되므로, 이산화 탄소는 수산화 리튬과 같은 염기성 물질을 이용하여 제거한다.



$$CO_2 + 2LiOH \longrightarrow Li_2CO_3 + H_2O$$

이때 수산화 나트륨과 같은 물질도 사용할 수 있지만 수산화 리튬을 사용하는 이유는 같은 양의 이산화 탄소를 흡수할 수 있으면서 무게가 가장 가볍기 때문이다.

## 개념 적용하기



**1** 산의 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
① 신맛을 낸다.
② 수용액은 전류를 흐르게 한다.
③ 상온에서 모두 액체 상태로 존재한다.
④ 푸른색 리트머스 종이를 붉은색으로 변화시킨다.
⑤ 수용액에 마그네슘 조각을 넣으면 수소 기체가 발생한다.

**2** 다음 물질들의 공통점으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

| 암모니아, 수산화 나트륨, 수산화 칼슘 |
|---|

보기
ㄱ. 상온에서 기체이다.
ㄴ. 물에 잘 녹지 않는다.
ㄷ. 물에 녹아서 전류를 흐르게 한다.
ㄹ. BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색으로 변한다.
ㅁ. 물에 녹인 후 마그네슘을 넣으면 수소 기체가 발생한다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ, ㅁ

**3** 산과 염기의 반응 세 가지를 화학 반응식으로 나타낸 것이다. 각 화학 반응식의 빈칸에 알맞은 물질을 계수와 함께 쓰시오.
(1) $2HCl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2 + ($ $)$
(2) $H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow ($ $) + 2H_2O$
(3) $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow ($ $) + ($ $)$

**4** 표는 농도가 같은 20℃의 염산과 수산화 나트륨 수용액의 혼합 용액의 최고 온도를 측정한 결과이다.

| 실험 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 염산의 부피(mL) | 10 | 20 | 20 | 15 |
| 수산화 나트륨 수용액의 부피(mL) | 40 | 30 | 20 | 10 |
| 최고 온도(℃) | 21 | 22 | 23 | 22 |

혼합 용액에 BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 초록색을 나타내는 실험은 어느 것인지 쓰시오.

**5** 중화 반응이 이용되는 예로 옳지 않은 것은?
① 산성화된 토양에 석회 가루를 뿌린다.
② 생선 비린내를 없애기 위해 레몬을 뿌린다.
③ 벌에 쏘이거나 벌레에 물리면 암모니아수를 바른다.
④ 진한 황산을 이용하여 여러 가지 시약을 건조시킨다.
⑤ 비누로 머리를 감아 머리카락이 뻣뻣할 때에는 식초 물로 헹군다.

**6** 그림은 묽은 염산에 들어 있는 이온을 모형으로 나타낸 것이다. 이 용액에 BTB 용액을 한두 방울 넣은 후 수산화 나트륨 수용액을 조금씩 넣어 용액이 초록색이 되었을 때, 이 혼합 용액 속의 이온 모형을 그리시오. (단, ▲는 수소 이온, ●는 염화 이온, ★는 나트륨 이온, ■는 수산화 이온이고, 물 분자는 표시하지 않는다.)

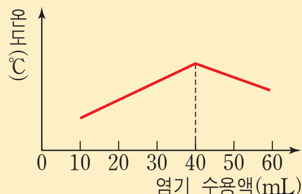


대단원 마무리 247

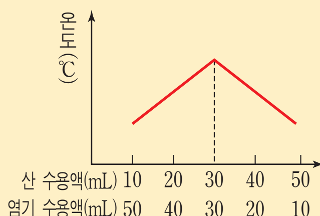
### 심화 학습 중화 반응에서 산과 염기의 반응 부피비

다음은 농도가 다른 산과 염기 수용액을 혼합하였을 때 반응 부피비를 찾는 방법이다.

(1) **일정량의 산 수용액에 염기 수용액을 가하면서 온도를 측정하는 방법** 염기를 가할수록 반응하는 산의 양이 증가하고, 산이 모두 반응한 이후에는 염기 수용액을 가하더라도 중화 반응이 일어나지 않는다. 따라서 처음의 산 수용액의 부피와 최고 온도일 때의 염기 수용액의 부피비가 두 수용액의 반응 부피비이다.




(2) **산과 염기 수용액의 부피를 달리하고 혼합 용액의 부피를 일정하게 하여 온도를 측정하는 방법** 혼합 용액의 총 부피가 일정하므로 온도가 높을수록 반응한 수소 이온과 수산화 이온이 많은 것이다. 따라서 최고 온도일 때의 두 수용액의 부피비가 반응 부피비이다.




## 개념 적용하기

**1** ③

[해설] 염화 수소가 물에 녹은 수용액이 염산이며, 염화 수소는 상온에서 기체 상태로 존재한다.

**2** ④

[해설] 암모니아, 수산화 나트륨, 수산화 칼슘은 모두 염기이다. 염기는 물에 녹아 전류를 흐르게 하며, BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색으로 변한다. 물에 녹인 후 마그네슘을 넣으면 수소 기체가 발생하는 것은 산이다.

**3** (1) $2H_2O$ (2) $Na_2SO_4$
(3) $CaSO_4$, $2H_2O$

[해설] (1) $2HCl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O$
(2) $H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
(3) $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaSO_4 + 2H_2O$

**4** 실험 3

[해설] 실험 1에서 염산 10 mL가 모두 반응하였으며, 50 mL의 혼합 용액은 온도가 1℃ 상승하였다. 또 실험 4에서 수산화 나트륨 수용액 10 mL가 모두 반응하였으며, 이때 25 mL의 혼합 용액은 온도가 2℃ 상승하였다. 따라서 염산과 수산화 나트륨 수용액은 모두 10 mL가 반응하면 25 mL의 수용액의 온도를 1℃ 상승시킬 정도의 농도인 것이다. 즉, 같은 부피로 반응시키면 완전히 반응하여 중화된다고 할 수 있다. 실험 3에서 염산과 수산화 나트륨 수용액을 같은 부피로 반응시키므로 실험 3에서 완전히 중화되고, 이 용액에 BTB 용액을 떨어뜨리면 초록색을 나타낸다.

**5** ④

[해설] 진한 황산을 건조제로 사용하는 것은 황산의 탈수 작용을 이용하는 것이다.

**6**



[해설] BTB 용액이 초록색이 되었을 때에는 중성이므로 용액 속에 수소 이온과 수산화 이온은 존재하지 않고, 염화 이온과 나트륨 이온만 존재한다.

## 개념 적용하기

**7** 산화－환원 반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 환원은 산소와 결합하는 반응이다.
② 비금속 산화물은 산과 중화 반응을 한다.
③ 금속의 부식은 금속이 산화되어 일어난다.
④ 산화가 일어나면 환원은 일어나지 않는다.
⑤ 외부 조건이 같으면 금속들은 같은 빠르기로 부식된다.

**8** 다음 반응에서 밑줄친 물질이 산화되었으면 '산화', 환원되었으면 '환원'이라고 쓰시오.




**9** 빠른 산화와 느린 산화에 대한 설명으로 옳은 것은? (정답 2개)

① 금속의 산화는 빠른 산화이다.
② 비금속의 산화는 느린 산화이다.
③ 모두 산소와 결합하는 반응이다.
④ 연소는 부식보다 느린 산화이다.
⑤ 같은 종류의 물질도 빠른 산화와 느린 산화가 모두 일어날 수 있다.

**10** 산화－환원 반응의 예를 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 해안가에 방치된 배에 녹이 슨다.
ㄴ. 드라이아이스 속에서 마그네슘이 연소한다.
ㄷ. 위산이 너무 많이 분비되면 제산제를 먹는다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

**11** 철이 산화되는 것을 방지하기 위한 방법으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 기계에 기름칠을 한다.
ㄴ. 표면에 금 도금을 한다.
ㄷ. 대문에 페인트를 칠한다.
ㄹ. 프라이팬 표면에 산화 철의 피막을 입힌다.

**12** 어떤 물질 A를 연소시킨 후 생성된 물질 B를 물에 녹였다. B를 녹인 물에 페놀프탈레인 용액을 두 방울 떨어뜨렸더니 붉은색으로 변하였다.

보기
ㄱ. A는 비금속이다.
ㄴ. A는 산화되었다.
ㄷ. B 수용액은 산성이다.
ㄹ. B 수용액은 전류를 흐르게 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

**13** 과거에는 철도 레일을 용접할 때 테르밋 반응을 사용하였다. 알루미늄(Al) 가루와 사산화 삼철($Fe_3O_4$) 가루를 도가니에 넣고 불을 붙이면 매우 많은 열을 내면서 다음과 같은 반응이 일어난다.




이 반응에서 산화된 물질과 환원된 물질을 쓰고, 이 반응이 어떻게 용접에 사용될 수 있는지 설명하시오.



---

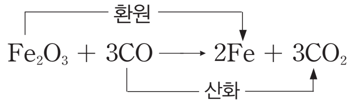
## 개념 적용하기

**7** ③

[해설] ① 산소와 결합하는 반응은 산화이다.
② 비금속 산화물은 산성 산화물이므로 염기와 중화 반응한다.
④ 산화와 환원은 동시에 일어난다.
⑤ 금속이 부식되는 속도는 다른 조건이 같더라도 금속의 종류에 따라 다르다.

**8** Fe: 환원, C: 산화

[해설] 철은 산소와 결합한 상태였다가 산소를 잃게 되므로 환원된다. 탄소는 산소 한 개와 결합하고 있다가 산소 한 개와 더 결합하므로 산화된다.




**9** ③, ⑤

[해설] ①, ② 금속이나 비금속 모두 조건에 따라 빠른 산화가 일어날 수도 있고, 느린 산화가 일어날 수도 있다.
④ 일반적으로 연소는 부식보다 빠르다.
⑤ 강철을 공기 중에 두면 천천히 산화되지만 강철 솜으로 만들어 연소시키면 빠르게 산화될 수 있다. 이와 같이 같은 물질이라도 빠른 산화와 느린 산화가 모두 일어날 수 있다.

**10** ③

[해설] ㄱ. 녹이 스는 것은 철이 산화되어 부식되는 과정이다.
ㄴ. 연소는 산화－환원 반응이다.
ㄷ. 제산제로 위산의 작용을 완화시키는 것은 중화 반응을 이용한 예이다.

**11** ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

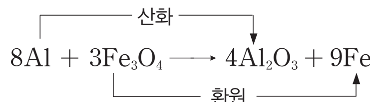
[해설] 철이 산화되는 것을 막는 방법으로 가장 간단한 것이 공기와 물을 차단하는 것이다. 기름칠이나 페인트칠이 가장 간단한 방법이며, 쉽게 산화되지 않는 금속을 표면에 도금하면 안쪽의 철을 보호할 수 있다.
프라이팬에 입히는 산화 철은 부식된 철에서 보이는 붉은 녹($Fe_2O_3$)이 아니라 검은 녹($Fe_3O_4$)이라고 부르는 물질로, 이미 산화된 물질이 표면에서 단단한 막을 형성하고 있어 안쪽의 철이 더 부식되는 것을 막는다.

**12** ㄴ, ㄹ

[해설] ㄱ, ㄷ, ㄹ. 페놀프탈레인 용액의 색 변화로 보아 B 수용액은 염기성이며, 염기 수용액은 전류를 흐르게 할 수 있다. 그리고 이를 통해 B가 염기성 산화물임을 알 수 있다. 연소되어 염기성 산화물이 되는 물질은 금속이므로 A는 금속이다.
ㄴ. A를 연소시켜 B를 얻었으므로 A는 산화되었다.

**13** 산화된 물질: 알루미늄, 환원된 물질: 철, 알루미늄이 산화되고 철이 환원되면서 많은 열이 발생하면 철이 녹아 레일 위로 떨어지면서 용접을 할 수 있다.

[해설] 이 반응에서 일어나는 산화－환원 반응은 다음과 같다.




테르밋 반응은 산화 철과 알루미늄을 섞어 도가니에 넣고 도화선을 이용하여 불을 붙이면 반응이 일어나기 시작한다. 이 반응은 열을 많이 방출하는 반응이므로 반응이 계속 일어날 수 있다. 그 결과 높은 온도(1,500℃ 이상)에 도달하여 철이 녹고, 녹은 철이 살짝 막아 놓았던 도가니 아래로 떨어져서 철도 레일을 용접할 수 있는 것이다. 이때 생성되는 산화 알루미늄은 녹는점이 매우 높기 때문에 녹지 않는다.

## 개념 응용하기

탐구력 기르기

**1)** 암모니아 기체가 들어 있는 둥근 바닥 플라스크를 그림과 같이 장치한 다음, 스포이트를 눌러 물 한 방울이 플라스크 속에 들어가게 하였더니 붉은색의 분수가 생겼다. 이 실험으로 알 수 있는 암모니아의 성질을 두 가지만 쓰시오.




탐구력 기르기

**2)** 농도가 같은 산의 수용액이 들어 있는 삼각 플라스크에 같은 크기의 마그네슘 조각을 넣고 일정한 시간이 지난 후 주사기에 모인 기체의 부피를 측정하였다.




위 실험 결과를 이용하여 A와 B 수용액의 pH의 크기를 비교하여 설명하시오.

탐구력 기르기

**3)** 그림과 같이 산 또는 염기의 수용액이 들어 있는 세 개의 비커가 있다.




여분의 비커와 온도계만을 가지고 이들 수용액을 구별할 수 있는 실험을 설계하시오.

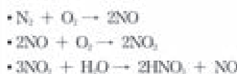
창의·인성 키우기

**4)** 다음 글을 읽고 과일이나 채소의 항산화 능력을 비교하기 위한 방법을 생각해 보고 간단히 설명하시오.

> 비타민 C와 비타민 E는 항산화제로 작용하여 생물체 안에서 산화에 따른 손상을 막아 주는 역할을 한다. 하지만 항산화제는 스스로 산화가 잘 되기 때문에 항산화 능력이 쉽게 없어지기도 한다.

탐구력 기르기

**5)** 질소 화합물은 식물의 생장에 꼭 필요한 성분이다. 공기 중의 질소를 질소 화합물이 되게 하는 과정을 질소 고정이라고 한다. 질소 고정은 번개나 식물, 토양 속의 박테리아에 의해 일어나며, 번개가 칠 때의 반응은 다음과 같다.



- $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
- $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$
- $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$

각 단계에서 질소가 산화되었는지 환원되었는지 말하고, 그렇게 생각한 이유를 설명하시오.

과학 글쓰기

**6)** 우리가 생활 속에서 사용하는 것들 중에는 산이나 염기가 포함되어 있어서 주의해야 하는 것들이 있다.



이러한 것들을 찾아 주의 사항을 나타낸 나만의 경고문을 만들어 보시오.



## 개념 응용하기

**1)** ① 물에 잘 녹는다.

[해설] 둥근 바닥 플라스크에 물을 조금 넣어 주면 암모니아가 물에 녹아 플라스크 안의 압력이 낮아져 비커의 물이 밀려 올라간다.

② 물에 녹아 염기성을 나타낸다.

[해설] 페놀프탈레인 용액이 염기성인 암모니아와 반응하여 붉은색을 띤다.

**2)** 주사기에 모인 기체의 부피가 A 수용액의 경우에 더 많으므로, A 수용액이 B 수용액보다 수소 이온이 많은 것이다. 따라서 A 수용액이 B 수용액보다 더 강한 산성을 띠기 때문에 pH는 A 수용액이 B 수용액보다 작다.

**3)** ① 두 수용액을 섞었을 때 앙금이 생겼다면 두 수용액은 $CaSO_4$ 앙금을 생성하는 $Ca(OH)_2$ 수용액과 $H_2SO_4$ 수용액이다.

② 두 수용액을 섞었을 때 앙금이 생기지 않고 온도가 상승하였다면 두 수용액은 $Ca(OH)_2$ 수용액과 HCl 수용액이다.

③ 두 수용액을 섞었을 때 앙금이 생기지 않고, 온도도 변하지 않았다면 중화 반응을 하지 않은 것이므로 두 수용액은 산인 HCl 수용액과 $H_2SO_4$ 수용액이다.

세 가지 실험 결과를 이용하면 세 가지 용액을 구별할 수 있다.

**4)** 항산화제는 산화가 잘되는 물질이므로 여러 가지 산화제와 반응을 시켜보고 반응이 잘 일어나는지 알아본다.

[해설] 사람은 산소를 이용하여 호흡을 하므로 산화를 피할 수 없다. 항산화제는 우리 몸에서 생성되어 몸의 질병을 유발시키거나 노화를 촉진하는 활성 산소를 막아 세포가 산화하는 것을 막아 준다.

**5)**
- 첫 단계: 질소가 산소와 결합하였으므로 질소는 산화되었다.
- 두 번째 단계: 산소 원자 한 개와 결합하였던 질소가 산소 원자 한 개를 더 얻어 산소 원자 두 개와 결합한 것이므로 산화되었다.
- 세 번째 단계: 이산화 질소($NO_2$)가 일부는 질산($HNO_3$)이 되고 일부는 일산화 질소(NO)가 되었다. 질산이 되는 과정에서는 산소와 더 많이 결합하였으므로 산화된 것이고, 일산화 질소가 되는 과정에서는 산소가 일부 떨어져 나갔으므로 환원된 것이다.

**6)** ① 하수구 세정제
- 어린이의 손이 닿지 않게 보관한다.
- 산성 세제와 혼합하여 사용하지 않도록 한다.
- 피부에 닿은 경우 깨끗한 물로 즉시 깨끗이 닦아내도록 한다.

[해설] 강한 염기를 포함하고 있으며, 강한 염기는 단백질을 가수 분해하는 성질이 있으므로 인체에 닿을 경우 손상의 위험이 있다. 따라서 어린이의 손이 닿지 않도록 해야 하며, 피부에 닿았을 경우에도 즉시 조치해야 함을 알려야 한다.

② 자동차 배터리
- 강한 산성 물질이 포함되어 있으므로 분해하지 않는다.
- 배터리액이 바깥쪽에 흐르는 경우 맨손이나 면장갑을 끼고 만지지 않는다.

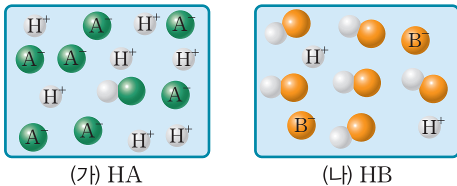
[해설] 배터리액에는 황산이 포함되어 있다. 황산은 탈수성이 있는 물질로 탄수화물의 물을 뽑아내어 탄화시키므로 당류, 면, 피부와 반응한다. 따라서 면장갑을 끼더라도 위험을 방지할 수 없으므로 주의해야 한다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 산에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 산 수용액에는 전류가 흐른다.
② 산은 물에 녹아 수소 이온을 내놓는다.
③ 산은 BTB 용액을 노란색으로 변하게 한다.
④ 산은 금속과 반응하여 수소 기체를 발생한다.
⑤ 산은 물질의 종류에 관계없이 농도가 진하면 강산이다.

**02** 그림은 두 가지 산 HA와 HB가 각각 물에 녹아서 이온화된 것을 모형으로 나타낸 것이다.




(가) HA　　(나) HB

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
>
> ㄱ. (가) 수용액은 (나) 수용액보다 산성이 더 강하다.
> ㄴ. 전원이 연결된 전극을 넣었을 때 흐르는 전류의 세기는 (가)가 (나)보다 더 강하다.
> ㄷ. 같은 크기의 금속 아연을 넣었을 때 (나)가 (가)보다 더 격렬하게 반응하면서 기체가 많이 발생한다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 다음은 어떤 물질에 대한 설명이다.

> • 상온에서 액체 상태이다.
> • 설탕에 부으면 설탕이 검은 숯으로 변한다.
> • 실험실에서는 데시케이터 속에 넣어 시약을 건조시키는 데 이용하기도 한다.

이 물질의 화학식으로 옳은 것은?

① HCl　② NaOH　③ $H_2SO_4$
④ $CaCl_2$　⑤ $Ca(OH)_2$

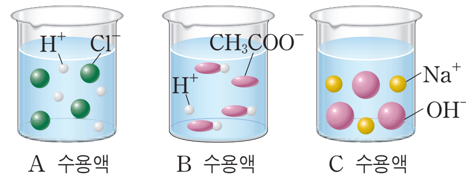
**04** 몇 가지 물질을 다음 표와 같이 분류하였다.

| (가) | (나) |
|---|---|
| HCl, NaOH | $H_2CO_3$, $NH_3$ |

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

> 보기
>
> ㄱ. (가)는 강산이고, (나)는 약산이다.
> ㄴ. 농도가 같다면 (가) 물질의 수용액은 (나) 물질의 수용액보다 전류가 잘 흐른다.
> ㄷ. 같은 농도, 같은 부피의 (가) 물질의 수용액에는 (나) 물질의 수용액보다 이온의 수가 더 많다.

**05** 그림은 산 또는 염기인 물질 A, B, C 수용액의 이온 모형을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A 수용액이 B 수용액보다 전류가 잘 흐른다.
② C 수용액은 단백질을 녹이는 성질이 있다.
③ C 수용액은 푸른색 리트머스 종이를 붉은색으로 변화시킨다.
④ 금속 아연을 넣었을 때 수소 기체가 발생하는 것은 두 가지이다.
⑤ 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 붉은색으로 변하는 것은 한 가지이다.

**06** 다음은 어떤 물질의 성질을 나타낸 것이다.

> • 물에 대한 용해도는 작으나 강염기이다.
> • 이산화 탄소의 검출에 이용한다.
> • 소석회라고도 부르며, 산성 토양의 중화에 쓰인다.

이 물질의 화학식으로 옳은 것은?

① KOH　② NaOH　③ $NH_4OH$
④ $Ca(OH)_2$　⑤ $Al(OH)_3$

[07~08] 표는 주변의 물질을 물에 녹여 만든 수용액의 pH 값을 나타낸 것이다.

(상온의 조건에서)

| 수용액 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | 2.5 | 6.5 | 7.0 | 9.0 | 13.0 |

**07** A~E 수용액 중 같은 부피 속에 수소 이온이 가장 많이 포함되어 있는 수용액의 기호를 쓰시오.

**08** 위 표에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A 수용액에 메틸 오렌지 용액을 떨어뜨리면 붉은색이 나타낸다.
② B 수용액은 산성이다.
③ C 수용액과 E 수용액을 혼합하면 중화 반응이 일어난다.
④ E 수용액은 C 수용액보다 강한 염기성을 나타낸다.
⑤ 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 붉은색을 나타내는 수용액은 2개이다.

**09** 표는 농도가 같은 염산(HCl)과 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 서로 다른 부피비로 혼합하였을 때 각 혼합 용액의 온도를 나타낸 것이다.

| 수용액 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| NaOH(mL) | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| HCl(mL) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 온도(℃) | 27.5 | 30.5 | 33.5 | 30.5 | 27.5 |

위 결과에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

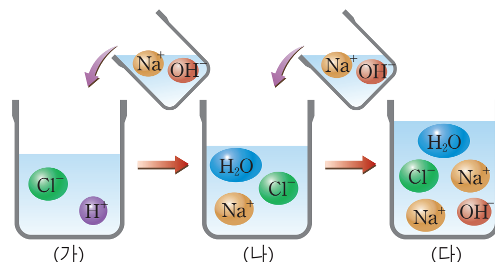
ㄱ. 산과 염기가 반응하면 열이 방출된다.
ㄴ. 실험 C에서 생성된 물의 양이 가장 많다.
ㄷ. 실험 D의 혼합 용액에 금속을 넣어도 반응이 일어나지 않는다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** 20℃의 수산화 나트륨 수용액이 들어 있는 비커에 같은 온도의 염산을 넣었더니 혼합 용액의 온도가 처음보다 높아졌다. 이와 같이 용액의 온도가 높아진 것과 관계가 있는 반응식은?

① $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$
② $NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$
③ $CH_3COOH \longrightarrow CH_3COO^- + H^+$
④ $CH_3COO^- + H^+ \longrightarrow CH_3COOH$
⑤ $Na^+ + CH_3COO^- \longrightarrow CH_3COONa$

**11** 그림은 묽은 염산에 수산화 나트륨 수용액을 가할 때 중화 반응이 일어나는 과정을 나타낸 것이다.




(가)~(다)의 과정에서 용액의 액성을 각각 쓰시오.

**12** 미지의 산과 염기의 수용액을 완전히 반응시킨 후 혼합 용액을 가열하였더니 흰색 고체가 생성되었다. 다음은 이 흰색 고체를 확인하기 위한 실험 결과이다.

> (가) 흰색 고체의 불꽃 반응색을 조사하였더니 노란색이 나타났다.
> (나) 흰색 고체를 물에 녹인 용액에 질산 은 수용액을 1~2방울 떨어뜨렸더니 앙금이 생성되었다.

이 반응에 사용한 산과 염기를 옳게 짝지은 것은?

① HCl, KOH ② HCl, NaOH
③ $H_2SO_4$, KOH ④ $HNO_3$, NaOH
⑤ $CH_3COOH$, NaOH

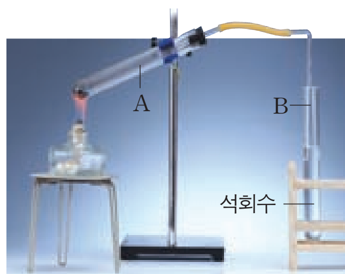
**13** 산화-환원 반응의 예를 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 마그네슘을 공기 중에서 연소시켰다.
ㄴ. 황과 산소가 반응하여 이산화 황이 생성되었다.
ㄷ. 용광로에 철광석과 코크스를 넣고 가열하여 철을 얻었다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**[14~15]** 시험관에 구리 가루를 넣고 가열한 후 이 시험관에 숯가루를 더 넣고, 그림과 같이 장치하여 다시 가열하였더니 석회수가 뿌옇게 흐려졌다.

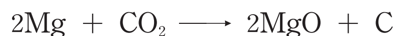



**14** 위 실험에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면? (정답 2개)

① 구리를 가열하면 구리가 환원된다.
② 구리는 산화되었다가 다시 환원된다.
③ 산화 구리(Ⅱ)와 숯이 반응하면 산소 기체가 발생한다.
④ 석회수가 뿌옇게 된 것은 구리가 산화되었기 때문이다.
⑤ 숯에서 일어나는 변화는 철이 부식되는 것과 같은 종류의 화학 반응이다.

**15** 위 실험에서 (가) 구리의 가열 과정과 (나) 가열된 구리와 숯의 반응에서 일어난 변화를 화학 반응식으로 쓰시오.

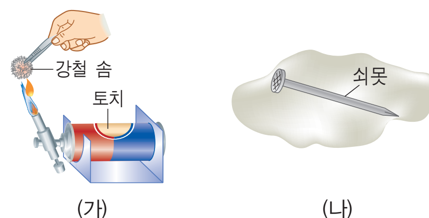
**16** 다음 반응에서 산화되는 물질과 환원되는 물질을 옳게 짝지은 것은?



$$2Mg + CO_2 \longrightarrow 2MgO + C$$

| | 산화 | 환원 |
|---|---|---|
| ① | Mg | $CO_2$ |
| ② | MgO | C |
| ③ | $CO_2$ | Mg |
| ④ | Mg | MgO |
| ⑤ | $CO_2$ | MgO |

**17** 그림 (가)와 같이 강철 솜을 토치 불꽃으로 가열하고, 그림 (나)와 같이 물에 젖은 휴지 위에 쇠못을 두었다.




(가)　(나)

위 실험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① (가)에서는 연소가 일어난다.
② (나)에서는 부식이 일어난다.
③ (가)는 (나)보다 빠른 산화이다.
④ (가)에서는 질량이 감소하고, (나)에서는 질량이 증가한다.
⑤ 쇠못을 젖은 휴지 대신 실리카 젤에 넣어 두면 (나)에서 일어나는 변화는 더 느려진다.

**18** 연소 생성물을 물에 녹인 용액이 푸른색 리트머스 종이를 붉은색으로 변화시킬 수 있는 물질을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 황(S)　ㄴ. 철(Fe)
ㄷ. 탄소(C)　ㄹ. 마그네슘(Mg)

① ㄱ, ㄴ　② ㄱ, ㄷ　③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ　⑤ ㄷ, ㄹ

**19** 구리로 된 조리 기구에 녹이 생길 경우 레몬즙으로 닦으면 녹을 벗겨내서 제거할 수 있다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 구리의 녹은 구리의 산화물이다.
② 레몬즙에는 산성 물질이 포함되어 있다.
③ 구리에 녹이 슬면 염기성 물질이 만들어진다.
④ 녹을 닦아 내는 과정은 산과 염기의 중화 반응이다.
⑤ 레몬즙으로 닦으면 구리의 녹이 다시 구리로 환원된다.

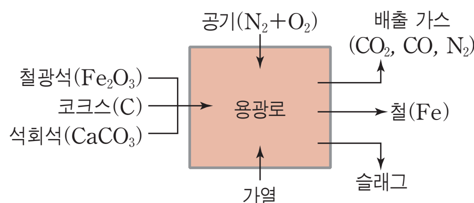
**20** 그림 (가)는 은 손잡이를 가진 철제 검이고, 그림 (나)는 청동으로 만들어진 검이다. 철제 검의 손잡이 부분은 거의 녹슬지 않았지만 철로 된 부분은 많이 녹슬어 있으며, 청동 검은 어느 정도 부식되어 있다.


(가) (나)

이 유물들의 부식 상태로 보아 은, 철, 구리 중 산화가 잘 되는 물질부터 순서대로 옳게 나열한 것은?

① 철>은>구리 ② 철>구리>은
③ 구리>철>은 ④ 구리>은>철
③ 은>구리>철

**21** 그림은 철광석($Fe_2O_3$)을 석회석($CaCO_3$), 코크스(C)와 함께 용광로에 넣고 뜨거운 공기를 불어 넣어 철을 얻는 제련 과정을 간단히 나타낸 것이다.



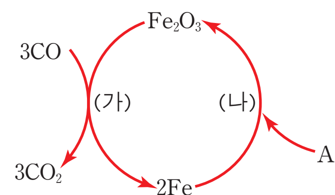

철의 제련에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 코크스는 산화된다.
② 용광로에서는 환원 반응만 일어난다.
③ 석회석은 불순물을 슬래그로 만들어 제거한다.
④ 제련은 산화 철에서 산소를 떼어 내는 과정이다.
⑤ 코크스는 반응 후 일산화 탄소나 이산화 탄소로 변한다.

**22** 철의 부식을 방지하기 위한 방법으로 원리가 나머지 넷과 다른 것은?

① 철에 금을 도금한다.
② 칼날에 기름칠을 한다.
③ 철 대문에 페인트칠을 한다.
④ 철 표면을 미리 산화시켜 단단한 산화 철 막을 만든다.
⑤ 주방 기구가 녹슬지 않도록 스테인리스강으로 만든 것을 이용한다.

**[23~24]** 그림은 철의 제련 과정과 부식 과정을 간단하게 나타낸 것이다.




**23** 위 반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

① (가)에서 철은 산화된다.
② (나) 과정에서는 환원이 일어나며, 산화는 일어나지 않는다.
③ A에는 산소가 필요하다.
④ CO는 산화제로 사용된다.
⑤ 자연적인 상태에서는 주로 (가) 반응이 일어난다.

**24** (나)의 반응을 방지하기 위한 방법을 두 가지만 쓰시오.

**25** 생활 속에서 산화-환원 반응을 이용하는 예로 볼 수 있는 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 산성 토양에 탄산 칼슘을 뿌린다.
ㄴ. 포도를 이용하여 포도주를 만든다.
ㄷ. 빵 포장 안에 산소 흡수제를 넣는다.
ㄹ. 폐수 속의 납 이온을 제거하기 위해 아이오딘화 칼륨 수용액을 넣는다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ③ ㄷ, ㄹ





# Ⅵ 유전과 진화

◆ 이 단원에서는

생물은 생식을 통해 어버이의 형질을 물려받고 종족을 유지해 나간다. 또한 생물은 환경에 적응해 가는 동안 유전자가 다양하게 변화되어 진화가 일어난다. 오늘날과 같은 생물종의 다양성은 이러한 진화의 결과이다.

이 단원에서는 유전의 원리와 진화의 증거, 다양한 생물의 분류 방법에 대하여 알아보자.

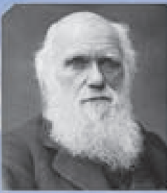
1 멘델의 유전 법칙

2 사람의 유전

3 생물의 진화

4 생물의 다양성과 분류

다윈(Darwin, C. R. : 1809~1882)



1831년 영국의 다윈은 22세의 나이로 해군 탐사선인 비글호를 타고 5년 동안 세계 일주를 하면서 많은 생물과 화석을 관찰하였다. 특히 갈라파고스 제도의 코끼리거북, 이구아나, 갈라파고스핀치 등의 동물을 관찰하면서 생물 진화에 대한 확신을 갖게 되었다. 다윈은 항해가 끝난 후 수집한 자료를 20여 년간 면밀히 분석하여 1859년 "자연선택에 의한 종의 기원에 관하여"라는 저서를 발표하였다. 그가 이 책에서 주장한 자연선택설은 당시의 과학과 사회에 많은 영향을 주었다.

250 251

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 3~4학년군에서 동물의 한살이와 동물의 생활을 배웠으며, 식물의 한살이와 식물의 생활을 배웠다. 그리고 지층과 화석에 대하여 학습하였다.

이 단원에서는 부모의 형질이 자손에게 전달되는 유전 현상에 대하여 학습한다. 또 생물의 다양성이 생물의 진화와 관련되어 있다는 것을 학습한다.

멘델 법칙을 통해 부모의 형질이 자손에 전달되는 유전의 기본 원리를 이해하며, 유전 현상을 연구하는 방법과 사람의 유전 현상을 학습한다.

그리고 현재의 생물이 과거에 살았던 생물과는 다르다는 것을 구체적인 증거를 통해 학습하고, 생물의 다양성이 진화와 관련되어 있음을 이해한다. 또 다양한 생물의 공통점과 차이점을 찾아내어 기준에 따라 분류해 보고, 생물을 분류하는 기준과 목적을 학습한다.

## ▶ 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 동물의 한살이<br>• 동물의 생활<br>• 식물의 한살이<br>• 식물의 생활<br>• 지층과 화석 |



**이번에 배울 내용**

• 멘델의 유전 법칙
• 사람의 유전
• 생물의 진화
• 생물의 다양성과 분류



**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 과학 | • 생명의 진화 |
| 고등학교 생명 과학 Ⅰ | • 세포와 생명의 연속성 |
| 고등학교 생명 과학 Ⅱ | • 유전자와 생명 공학<br>• 생물의 진화 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 부모의 형질이 자손에게 전달되는 현상을 멘델의 유전 법칙을 중심으로 이해한다.
(나) 유전을 연구하는 방법을 알고, 사람의 유전 현상을 이해한다.
(다) 생물의 진화 증거를 들 수 있다.
(라) 생물의 다양성을 진화와 관련하여 이해한다.
(마) 분류의 목적과 기준을 생물의 다양성과 관련하여 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 가계도 자료 해석하기
(나) 최신에 연구된 진화 증거 조사하기
(다) 분류 기준에 따라 계 수준에서 생물 분류하기

## 단원 지도상 유의점

1 멘델이 선택한 완두의 대립 형질이 무엇인지 이해하게 하고, 관심 있는 형질의 유전 현상을 알아보기 위해 멘델이 어떻게 수분을 조절했는지 알게 한다.
2 상동 염색체와 대립 유전자의 개념을 이해하게 하고, 유전자형과 표현형의 관계를 파악하게 한다.
3 한 가지 형질과 두 가지 형질의 교배 실험 결과를 통해 우열의 관계와 분리의 법칙 및 독립의 법칙의 의미를 이해하게 한다. 특히 우성과 열성 형질의 비율이 3 : 1로 나타나는 현상은 분리의 법칙에 따른 결과임을 알게 한다.
4 분꽃의 교배 실험 결과를 통해 불완전 우성 현상을 이해하게 하고, 유전자의 이동 과정과 유전자형에 의한 표현형을 파악하게 한다.
5 사람의 유전 연구 방법이 어려운 이유를 알게 하고, 쌍둥이 연구, 가계도 조사, 통계 조사법, 최근의 유전 연구 방법을 이해시킨다.
6 특정 형질에 대한 가계도를 직접 작성하게 하여 유전 현상을 이해시킨다.
7 귓불과 적록 색맹 유전의 가계도 분석을 통해 상염색체와 성염색체에 의한 유전의 특성을 파악하게 한다.
8 가계도를 분석하여 유전자형을 알아내고, 자녀에게 특정 유전 형질이 나타날 확률을 계산할 수 있게 한다.
9 에티아카라 동물군 화석에 대한 탐구 활동을 중심으로 화석에서 찾은 증거를 알게 하고, 해부학적 증거, 생화학적 증거, 지리적 분포에 의한 증거의 예와 의미를 이해시킨다.
10 용불용설과 자연선택설을 비교하여 이해시키고, 새로운 종이 분화되는 과정을 현대 종합설로 설명할 수 있게 한다.
11 종의 개념과 분류 방법을 알게 하고, 계통수를 통해 유연관계와 공통 조상에서 갈라져 나온 시기를 파악할 수 있게 한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 진화학(2008), Douglas 저, 박영철, 서경인 역, 라이프사이언스
2. 필수 유전학(2007), DANIEL L. HARTL, Elizabeth W. Jones 저, 김남우 외 2역, 월드사이언스
3. 눈먼 시계공(2004), 리처드 도킨스 저, 이용철 역, 사이언스북스

### ■ 읽을 책_학생용

1. 멘델이 들려주는 유전 이야기(2010), 황신영 저, 자음과 모음
2. 동물 상식을 뒤집는 책(2011), 존 로이드, 존 미친슨 저, 전대호 역, 해나무

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅳ-1 멘델의 유전 법칙 | 1 멘델의 유전 연구 | 5 | 1~2 /20차시 | • 형질, 유전, 대립 형질<br>• 멘델의 완두 실험 방법<br>• 대립 유전자, 표현형과 유전자형 |
| | 2 멘델 법칙 | | 3~4 /20차시 | • 우열의 법칙<br>• 분리의 법칙<br>• 독립의 법칙 |
| | 3 중간 유전 | | 5 /20차시 | • 분꽃의 불완전 우성 유전<br>• 분꽃의 중간 유전에서 유전자의 이동 |
| Ⅳ-2 사람의 유전 | 1 사람의 유전 연구 방법 | 5 | 6~7 /20차시 | • 쌍둥이 연구, 해 보기: 쌍둥이 연구<br>• 가계도 조사, 해 보기: 가계도 작성<br>• 통계 조사법, 최근의 유전 연구 방법<br>• STEAM: 핵형 분석 |
| | 2 상염색체에 의한 유전 | | 8~9 /20차시 | • 귓불 유전, 해 보기: 귓불 유전의 가계도 분석<br>• ABO식 혈액형 유전<br>• 해 보기: ABO식 혈액형 유전의 가계도 분석<br>• STEAM: ABO식 혈액형의 발견 |
| | 3 성염색체에 의한 유전 | | 10 /20차시 | • 성염색체에 의한 유전의 특성<br>• 탐구 활동: 적록 색맹의 유전 가계도 |
| Ⅳ-3 생물의 진화 | 1 진화의 증거 | 5 | 11~13 /20차시 | • 화석상의 증거<br>• 탐구 활동: 에티아카라 동물군 화석<br>• 해부학적 증거<br>• 생화학적 증거<br>• 지리적 분포에 의한 증거 |
| | 2 진화설 | | 14~15 /20차시 | • 다윈 이전의 진화설, 다윈의 자연선택설<br>• 다윈 이후의 진화설, 오늘날의 진화설 |
| Ⅳ-4 생물의 다양성과 분류 | 1 생물의 분류 방법 | 4 | 16~17 /20차시 | • 종, 분류 방법, 분류 단계<br>• 학명, 계통수 |
| | 2 분류의 실제 | | 18~19 /20차시 | • 원핵생물계, 원생생물계<br>• 균계, 식물계, 동물계<br>• 탐구 활동: 생물의 5계 분류 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 20 /20차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 자료 해석<br>토의 | • 멘델의 타화 수분 방법을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 상동 염색체와 대립 유전자, 유전자형과 표현형의 관계를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 254~257 | 300~303 |
| 자료 해석<br>토의 | • 한 가지 형질의 교배 실험 결과를 통해 우열의 법칙과 분리의 법칙을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 두 가지 형질의 교배 실험 결과를 통해 독립의 법칙을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 258~261 | 304~307 |
| 자료 해석<br>토의 | • 분꽃의 교배 실험 결과를 통해 불완정 우성 유전과 유전자의 이동에 대하여 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 262~263 | 308~309 |
| 자료 해석<br>토의 | • 쌍둥이 연구에 대한 자료를 해석하여 유전과 환경의 영향을 설명할 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 쌍꺼풀에 대한 가계도를 작성할 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다. | 266~269 | 310~313 |
| 자료 해석<br>토의 | • 귓불 유전 가계도를 분석하여 상염색체에 의한 유전의 특성을 설명할 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• ABO식 가계도를 분석하여 ABO식 혈액형 유전의 특성을 설명할 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다. | 270~273 | 314~317 |
| 자료 해석<br>토의 | • 적록 색맹의 가계도를 분석하여 성염색체에 의한 유전의 특성을 설명할 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 혈우병과 귓속 털 유전의 특성을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 274~275 | 318~319 |
| 자료 해석<br>토의 | • 에티아카라 동물군 화석을 통한 진화의 증거에 대하여 설명할 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 진화의 다양한 증거와 예를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 278~281 | 320~323 |
| 자료 해석<br>토의 | • 용불용설과 자연선택설로 기린의 진화 과정을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 새로운 종이 분화되는 과정을 오늘날의 진화설로 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 282~285 | 324~327 |
| 토의 | • 종, 분류 방법, 분류 단계, 학명의 구성 체계를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 계통수를 통해 유연관계를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 288~291 | 328~331 |
| 관찰<br>분류 | • 5계의 특성과 예를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 제시된 생물의 특성을 파악하여 검색표와 계통수를 그릴 수 있는지 토론법, 실험 보고서법으로 평가한다. | 292~297 | 332~337 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 298~301 | 338~341 |

# 1-1 멘델의 유전 연구

## | 학습 내용 안내 |

(1) 멘델이 선택한 완두의 대립 형질을 안다.
(2) 자화 수분과 타화 수분의 차이점을 안다.
(3) 상동 염색체와 대립 유전자의 관계를 이해하고, 유전자 기호를 사용하여 유전자형을 나타내는 방법을 안다.

## | 학습 전개 |

멘델이 선택한 완두의 대립 형질과 인위적인 타화 수분의 방법을 설명하게 한다.



유전자와 염색체의 관계를 설명하게 하고 상동 염색체와 대립 유전자의 개념을 발표하게 한다.



표현형이 무엇인지 알게 하고, 유전자 기호를 사용하여 유전자형을 나타내는 방법을 설명하게 한다.



# 1-1 멘델의 유전 연구





학습 목표
• 멘델의 실험 과정을 설명할 수 있다.

사람들은 가족과 함께 나들이 나온 아이를 보며 눈은 엄마를 닮았고, 코는 아빠를 닮았고, 얼굴 전체 모양은 엄마와 아빠를 고루 닮았다는 식으로 이야기를 한다. 자녀는 부모를 닮게 되는데, 이것은 어떤 원리일까?

아이의 생김새가 엄마나 아빠를 쏙 빼닮았을 때 흔히 붕어빵에 비유한다. 동일한 틀에서 만들어져 나오는 붕어빵의 모양이 똑같은 것처럼 아이의 얼굴 생김새, 머리카락 형태, 귓불 모양 등이 부모의 모습을 빼닮아 보이기 때문이다. 머리카락 형태나 귓불 모양 등과 같이 생물이 가진 고유한 생김새와 특징을 **형질**이라고 한다.

아이가 부모를 닮는 것은 형질을 결정하는 물질이 부모로부터 아이에게 전달되기 때문이다. 이러한 현상을 **유전**이라고 한다.

유전 현상에 대해 처음으로 과학적인 설명을 한 사람은 19세기 중엽 오스트리아의 멘델이다. 멘델은 수도원의 뜰에 완두를 재배하면서 유전 현상에 일정한 법칙이 있음을 밝혀내었다.

멘델은 완두가 가진 여러 가지 형질 중에서 두 가지씩 뚜렷한 차이를 보이는 것에 주목하였다. 그림 Ⅵ-1~2와 같이 완두 씨의 경우 어떤 완두는 씨의 모양이 둥글고 어떤 것은 주름져 있다. 또 콩깍지의 경우 어떤 것은 매끈하고 어떤 것은 잘록했다.

인물 멘델(Mendel, G. J. : 1822~1884)
완두를 재료로 유전 실험을 하여 유전학의 기초를 확립하였다.





그림 Ⅵ-1 완두의 둥근 씨와 주름진 씨



그림 Ⅵ-2 완두의 매끈한 콩깍지와 잘록한 콩깍지







### 멘델(Mendel, G. J.)

멘델은 브르노 마을(현재 체코에 위치)의 유명한 성 토마스 수도원의 수도사로 있던 중 생물학 실험을 하였는데, 가장 중요한 실험은 완두의 교배에 대한 것이었다. 이 실험은 1856년부터 1863년까지 수도원 구석 작은 정원에 완두의 씨를 심어 수행되었다.

찾아보기

• 유전과 혈액형 WHY(2008), 전재운 저, 최명구 그림, 예림당
• 멘델(2007), 비체슬라프 오렐 저, 한국 유전학회 역, 전파 과학사







### ❀ 혼합 유전설

(1) 보라색과 흰색 물감을 섞으면 연보라색을 나타내는 것처럼 아버지와 어머니로부터 물려받은 유전 형질이 고루 혼합되어 자손에서 나타난다는 것이다.
(2) 이 가설에 따르면 세대를 거듭할수록 자손들은 모두 동일한 형질을 가지는 균일 집단으로 변할 것이다. 하지만 실제로는 그렇지 않다.

### ❀ 입자 유전설

(1) 멘델이 실험으로 증명한 가설로서, 유전 형질이 다음 세대로 전달되는 과정은 액체를 혼합하는 것과 같은 과정이 아니며, 유전 인자들은 입자의 성격을 띠고 있다는 것이다.
(2) 부모는 유전 인자를 자손에게 전달하며, 전달된 유전 인자는 섞이지 않고 마치 입자처럼 각각의 본질을 유지하고 있다가 다음 세대로 전달된다는 것이다.

### ❀ 우성과 열성

표현형이 같은 어버이를 교배했을 때 어버이에게 없던 형질이 자손에게 나타난다면 그 형질은 열성이고, 어버이의 표현형은 우성이라고 할 수 있다.

완두 씨의 모양이 둥근 것과 주름진 것, 완두의 콩깍지가 매끈한 것과 잘록한 것처럼 하나의 형질에 대해 서로 뚜렷하게 구별되는 형질을 **대립 형질**이라고 한다. 멘델은 그 밖에도 꽃의 색깔과 씨의 색깔 등의 대립 형질을 더 발견하였다.

❸ 표 Ⅱ-1 멘델이 선택한 완두의 대립 형질

| 씨의 모양 | 씨의 색깔 | 콩깍지의 모양 | 콩깍지의 색깔 | 꽃의 색깔 | 꽃이 피는 위치 | 줄기의 키 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 둥글다 | 황색 | 매끈하다 | 녹색 | 보라색 | 잎 겨드랑이 | 크다 |
| 주름지다 | 녹색 | 잘록하다 | 황색 | 흰색 | 줄기 끝 | 작다 |

멘델은 완두에서 쉽게 비교할 수 있는 7가지의 대립 형질을 이용하여 많은 실험을 되풀이했고, 그 결과 유전의 기본적인 법칙을 밝혀낼 수 있었다.

멘델이 완두를 유전 실험의 재료로 선택한 것은 매우 적절하였다. 완두는 구하기 쉽고, 재배하기 쉽기 때문이었다. 거기에다가 씨의 모양과 색깔, 콩깍지의 모양과 색깔, 꽃의 색깔과 꽃이 피는 위치, 줄기의 키 등에서 대립 형질의 차이가 뚜렷하게 나타나기 때문에 교배 결과를 명확히 알 수 있었다. 그 밖에도 완두는 자연 상태에서 자화 수분으로 번식하지만, 필요한 경우 인위적으로 타화 수분을 통해 교배시킬 수 있다는 장점을 지니고 있었다.

수술에서 만들어진 꽃가루가 같은 꽃의 암술머리에 수분되는 것을 **자화 수분**이라고 한다. 자연 상태에서 일어나는 자화 수분은 같은 식물에 암술과 수술이 모두 있을 때 일어난다. 이에 비해 어떤 식물의 꽃가루가 다른 꽃의 암술에 수분되는 것을 **타화 수분**이라고 한다.

**단성화** 한 꽃 안에 수술 또는 암술만 있는 꽃을 말하며, 암꽃과 수꽃이 한 그루에서 피는 것과 다른 그루에서 피는 것이 있다.

**양성화** 한 꽃 속에 수술과 암술이 모두 있는 꽃을 말한다.

1. 멘델의 유전 법칙 255

### ❀ 형질과 대립 형질

(1) **형질** 생물이 가지고 있는 모양이나 성질 또는 생물이 지니는 고유한 특징이다.
 예 키가 크다, 완두 씨의 모양이 둥글다.

(2) **대립 형질** 생물의 형질 중에서 서로 대립 관계에 있는 형질을 말한다.
 예 둥근 완두 씨와 주름진 완두 씨, 키가 큰 완두와 키가 작은 완두

### ❀ 수분

(1) **자화 수분** 식물의 꽃가루가 자신의 암술머리에 수분되는 것으로서, 암술과 수술이 같은 식물에 모두 있는 경우에 일어난다.

(2) **타화 수분** 식물의 꽃가루가 다른 꽃의 암술에 수분되는 것이다. 타화 수분을 하면 집단 내에서 유전자의 교류가 자연스럽게 이루어지며, 그 집단은 유전적으로 안정화된다.

### ❀ 단성화와 양성화

(1) **단성화** 한 꽃에 암술과 수술 중에서 하나만 가지고 있는 꽃이다.

(2) **양성화** 한 꽃에 암술과 수술이 모두 들어 있는 꽃이다.

## 역사 속의 과학

### ❀ 멘델 법칙의 재발견

자손이 어버이를 닮는 유전 현상은 예로부터 널리 알려져 있었으나 이에 대한 과학적인 연구를 통해 유전의 기본 원리를 처음 밝힌 사람은 오스트리아의 멘델이다. 다른 생물학자들과 달리 멘델은 유전에 관한 문제를 정량적으로 접근하였다. 예를 들어 붉은색 꽃과 흰색 꽃을 교배시켰을 때 붉은색 꽃도 나오고 흰색 꽃도 나왔다면 그 사실만 기록하는 것이 아니라 몇 송이씩 나왔는지 개체 수까지 기록하는 방식이었다.

멘델은 자신이 근무하던 수도원 뜰에 완두를 재배하면서 약 9년 동안 유전의 기본 원리에 대하여 연구하였다. 그 결과 1865년에 "식물의 잡종에 관한 연구"라는 논문을 발표하였지만, 그의 논문은 당시에는 주목을 받지 못하였다. 이후 1900년 더프리스, 코렌스, 체르마크 등에 의해 같은 연구 결과가 발표됨에 따라 멘델의 연구는 '멘델의 유전 법칙'으로 세상에 알려지게 되었다. 오늘날 멘델의 연구 결과는 유전학의 기본 원리로 받아들여지고 있다.

## 학습 자료실

### ❀ 완두가 유전 연구의 재료로 좋은 이유

(1) 대립 형질이 뚜렷하여 관찰하기 쉽다.
(2) 주변에서 구하기 쉽고, 재배가 간편하다.
(3) 한 세대가 짧아 실험 기간이 적게 걸린다.
(4) 자화 수분이 잘되기 때문에 순종을 얻기가 쉽다.
(5) 자손을 많이 만들기 때문에 통계적으로 의미 있는 실험 결과를 얻을 수 있다.

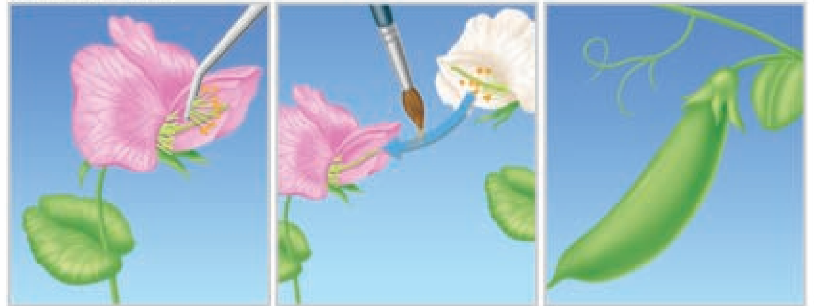


❸ 열매를 맺은 완두

멘델은 완두의 형질이 어떻게 유전되는지 알아보기 위해 임의로 수분을 조절하였다. 완두의 보라색 꽃과 흰색 꽃을 선택적으로 교배시키기 위해서는 어떻게 해야 할까?

멘델은 우선 보라색 꽃의 수술을 제거하여 자화 수분이 일어나는 것을 방지하였다. 그리고 붓으로 흰색 꽃의 꽃가루를 보라색 꽃의 암술머리에 묻혀 인위적인 타화 수분이 일어나게 하였다. 멘델은 이런 과정을 통해 원하는 형질을 선택적으로 교배할 수 있었다. 교배 결과 생긴 씨를 심은 다음 여기에서 나오는 자손의 형질을 분석하였다.

❸ 그림 Ⅵ-3 완두의 타화 수분



❶ 자화 수분을 방지하기 위해 멘델은 보라색 꽃에서 수술을 제거하였다. ❷ 붓에 흰색 꽃의 꽃가루를 묻혀 보라색 꽃의 암술머리에 옮겨 주었다. ❸ 흰색 꽃의 정핵과 보라색 꽃의 난세포가 수정하여 꼬투리에 완두가 만들어진다.

멘델은 자신의 분석 결과를 설명하는 과정에서 '유전 인자'를 언급하였다. 이 유전 인자는 현대의 유전학에서 말하는 **유전자**로서, 생물의 형질을 결정하는 물질이다. 유전자는 주로 세포의 핵 속에 들어 있으며, 생식 과정을 통해 부모로부터 자손에게 전해진다. 그러나 당시만 해도 유전자가 어떤 물질인지, 생물체 속의 어느 곳에 있는지 알지 못하였다.

1900년경 서턴은 생식세포 분열과 수정 과정을 관찰한 결과 염색체의 이동이 멘델이 제시한 유전 인자의 이동과 동일하다는 사실을 발견하였다. 서턴은 이러한 사실을 근거로 '유전자가 염색체에 존재한다.'라는 **염색체설**을 주장하였다.

 부모로부터 자손에게 전달되는 형질을 결정하는 것은 무엇인가?





## 역사 속의 과학



### ❀ 서턴-보베리의 염색체 유전 이론

1902년 서턴은 염색체가 멘델이 말한 수수께끼 인자와 일치하는 점이 많다는 것을 깨달았다. 서턴은 염색체들이 멘델이 말한 것처럼 항상 둘씩 짝을 짓고 있다는 점에 주목하였다. 또 서턴은 메뚜기의 정자 염색체를 관찰한 결과 생식세포의 염색체들만 쌍을 이루고 있지 않다는 사실을 발견하였다. 비슷한 시기에 독일의 보베리도 서턴과 같은 결론에 도달하였다. 이들의 연구는 '서턴-보베리의 염색체 유전 이론'이라는 이름으로 불리게 되었다. 이로써 멘델이 주장한 유전이 현미경으로 증명되기 시작한 것이다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 유전자형 표기 방법

우성 유전자는 영문 대문자로 표시하고, 열성 유전자는 우성 유전자 기호의 영문 소문자로 표시한다. 한 형질에 관여하는 대립 유전자는 같은 문자로 나타내며, 잡종일 경우 영문 대문자를 먼저 쓴다.

### ❀ 단성 잡종의 유전에 대한 멘델의 가설

(1) 한 개체는 특정 형질을 결정하는 유전 인자를 두 개 가지며, 이는 부모로부터 하나씩 물려받는다.
(2) 유전 인자는 자손에게 전달되는 과정에서 변하지 않는다.
(3) 대립 유전 인자는 생식세포를 형성할 때 분리되어 각기 다른 생식세포로 들어갔다가 수정에 의해 다시 쌍을 이룬다.
(4) 특정 형질을 결정하는 대립 유전 인자가 서로 다를 경우, 그중 우성인 유전 인자만 표현된다.
(5) 두 가지 형질의 유전에서 각기 다른 형질을 결정하는 두 쌍의 대립 유전 인자들은 서로 독립적으로 분리되어 자손에게 전달된다.

**잠깐 체크**

유전자_ 유전자는 생물의 형질을 결정하는 물질이다.





### ❀ 완두를 인공적으로 교배하여 자손을 얻는 방법

(1) 자연 상태에서 완두는 꽃잎에 의해 암술과 수술이 덮여 있기 때문에 자화 수분을 한다.
(2) 완두를 인공적으로 교배하려면 꽃의 수술이 성숙되기 전에 제거한 다음, 특성이 다른 꽃의 꽃가루를 수분시키고 꽃잎을 다시 원래대로 덮어 두어야 한다.
(3) 흰색 꽃을 가진 완두와 보라색 꽃을 가진 완두를 교배하여 나타나는 자손을 확인하려고 하는 경우에는 보라색 꽃의 수술을 제거한 다음, 흰색 꽃의 수술에 있는 꽃가루를 붓에 묻혀 보라색 꽃의 암술머리에 수분시키고 꽃잎을 덮어 둔다. 보라색 꽃이 꽃잎에 덮여 있기 때문에 다른 꽃가루가 수분될 수 없으므로 실험 결과를 명확히 알 수 있다.

### ❀ 순종과 잡종

(1) **순종(동형 접합)** 한 형질을 나타내는 유전자의 구성이 같은 것을 순종이라고 한다.
　예 RR, RRyy, rryy
(2) **잡종(이형 접합)** 한 형질을 나타내는 유전자의 구성이 다른 것을 잡종이라고 한다.
　예 Rr, RrYy, AABb

체세포 속에는 모양과 크기가 같은 염색체가 두 개씩 쌍을 이루는 상동 염색체가 있다. 1926년 모건은 어떤 형질을 결정하는 두 유전자가 상동 염색체의 같은 위치에 쌍으로 존재한다는 사실을 밝혀냈다. 이처럼 쌍을 이루고 있는 두 유전자를 **대립 유전자**라고 한다.

대립 유전자는 하나의 형질에 관여하는데, 대립 유전자의 조합에 따라 형질이 결정된다. 예를 들어 완두의 꽃 색깔을 결정하는 유전자가 염색체 위에 존재하는 방식을 나타내면 그림과 같다.




❸ 그림 Ⅱ-4 완두의 꽃 색깔을 결정하는 유전자의 위치

꽃의 색깔이 보라색이나 흰색과 같이 겉으로 나타나는 형질을 **표현형**이라고 한다. 그리고 표현형을 결정하는 유전자를 알파벳으로 나타낸 것을 **유전자형**이라고 한다. 예를 들어 보라색 꽃의 유전자를 P, 흰색 꽃의 유전자를 p라고 나타낼 때 PP, Pp, pp와 같이 나타내는 것을 유전자형이라고 한다. 유전자형에서 PP, pp와 같이 두 개의 대립 유전자가 동일한 것을 **순종**이라 하고, Pp와 같이 대립 유전자가 서로 다른 것을 **잡종**이라고 한다.

**유전자형** 우성은 알파벳의 대문자로 나타내고, 열성은 우성 기호의 소문자로 나타낸다.

자기 주도 학습

**개념 확인하기**
완두의 형질에서 둥근 씨와 보라색 꽃의 대립 형질은 각각 무엇인가?

**응용 문제 해결하기**
흰색 꽃 완두의 꽃가루를 보라색 꽃 완두의 암술머리에 묻혀 수분시켰을 때와 보라색 꽃 완두의 꽃가루를 흰색 꽃 완두의 암술머리에 묻혀 수분시켰을 때 자손의 표현형에는 어떤 차이가 있을까?

1. 멘델의 유전 법칙 257



## 서턴의 염색체설

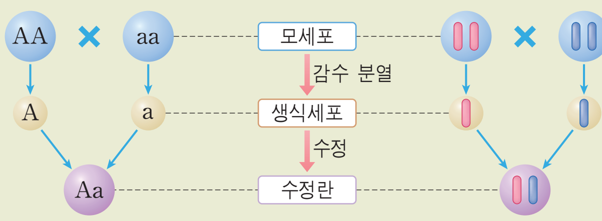
멘델의 주장으로 유전에 대한 관심은 높아졌지만 멘델이 가정한 유전 인자가 어디에 있는지는 알지 못하였다. 1902년 서턴은 감수 분열이 일어날 때 세포 속에 있는 염색체의 행동을 관찰하고 이를 멘델이 가정한 유전 인자의 행동과 비교하여 '유전 인자는 염색체 위에 있으며, 이는 염색체를 통해 자손에게 전달된다.'라는 염색체설을 발표하였다. 또한 그는 염색체의 수보다 유전 인자의 수가 더 많으므로 하나의 염색체에는 여러 가지 유전 인자가 존재할 것이라는 가설을 제시하였다.

## 모건의 유전자설

모건은 초파리를 대상으로 한 가지 실험을 진행하였다. 그는 정상 눈(빨간색)을 가진 초파리와 돌연변이 눈(흰색)을 가진 초파리를 관찰하여 돌연변이 눈을 가진 초파리가 대부분 수컷이라는 사실을 발견하였다. 그런데 수컷은 염색체가 한 개뿐이고 암컷은 두 개였다. 이러한 실험 결과와 함께 염색체에 의해 초파리의 성이 결정된다는 사실을 바탕으로 흰색 눈 형질의 유전이 X염색체의 전달과 관련이 있다는 것을 확인하였다. 그리고 이를 통해 유전자가 염색체에 존재한다는 것을 증명하였다. 그 후 모건은 여러 연구를 통해 '유전자는 염색체의 일정한 위치에 존재하며, 대립 유전자들은 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.'라는 유전자설을 주장하였다.

## 보충 학습 멘델의 유전 인자와 서턴의 염색체의 행동 비교

| 멘델이 주장한 유전 인자의 행동 | 서턴이 관찰한 염색체의 행동 |
|---|---|
| 한 개체에는 하나의 형질에 대한 유전 인자가 쌍으로 존재한다. | 하나의 체세포에는 상동 염색체가 쌍으로 존재한다. |
| 대립 유전 인자는 생식세포를 형성할 때 분리되어 각각 다른 생식세포로 들어간다. | 상동 염색체는 감수 분열이 일어날 때 분리되어 각각 다른 생식세포로 들어간다. |
| 분리되었던 대립 유전 인자는 수정을 통해 다시 쌍을 이룬다. | 분리되었던 상동 염색체는 수정을 통해 다시 쌍을 이룬다. |




자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

둥근 씨의 대립 형질은 주름진 씨이고, 보라색 꽃의 대립 형질은 흰색 꽃이다.

▶ 응용 문제 해결하기

두 가지 방법은 생식세포의 암수만 바뀌었을 뿐 교배 결과는 같다.

# 1-2 멘델 법칙

## | 학습 내용 안내 |

(1) 잡종 1대에서 나타나는 결과를 통해 우성과 열성을 파악하고, 우열의 법칙을 이해한다.
(2) 멘델의 실험에서 잡종 2대의 표현형의 분리비가 나타난 이유를 알고 분리의 법칙을 이해한다.
(3) 두 가지 이상의 형질이 동시에 유전되는 경우 잡종 1대에서 만들어지는 생식세포의 종류를 안다.
(4) 잡종 2대의 결과를 이용하여 독립의 법칙을 이해한다.

## | 학습 전개 |

멘델의 실험 결과를 통해 잡종 1대에서 나타나는 우열의 관계를 설명하게 한다.



잡종 1대의 자화 수분 결과를 이해하고, 분리의 법칙이 무엇인지 설명하게 한다.



두 가지 이상의 형질이 동시에 유전될 때 나타나는 잡종 1대와 잡종 2대의 결과를 이해시키고, 독립의 법칙이 무엇인지 설명하게 한다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 대립 형질

대립 형질은 반대되는 의미가 아니라 비교되는 특징, 즉 대조되는 형질을 말한다. 예를 들어 완두 씨 모양의 대립 형질은 둥근 것과 주름진 것이다.

**찾아보기**

- 멘델이 들려주는 유전 이야기(2010), 황신영 저, 자음과 모음
- 멘델(우리는 왜 부모를 닮았을까, 북 오디세이 7)(2004), 루카 노벨리 저, 김효정 역, 주니어 김영사

---

VI. 유전과 진화

# 1-2 멘델 법칙

**학습 목표**
- 우열의 법칙과 분리의 법칙을 설명할 수 있다.
- 독립의 법칙을 설명할 수 있다.

검은색의 열대어 사이에서 태어나는 새끼들은 대부분 검은색이지만 가끔 붉은색인 것도 있다. 이처럼 검은색의 열대어 부모로부터 부모와 다른 새끼들이 나오는 이유는 무엇일까?

### 우열의 법칙

멘델은 완두의 형질이 어떻게 유전되는지 확인하기 위해 먼저 대를 거듭해도 같은 형질만 나오는 순종을 찾았다. 만약 완두가 하나의 형질에 대하여 순종이라면 자화 수분을 통해 몇 세대를 거듭하더라도 자손은 모두 동일한 형질을 가지게 된다.

멘델이 순종의 키 큰 완두와 키 작은 완두를 교배시켰을 때 잡종 1대에서 어떤 형질을 가진 완두를 얻을 수 있었을까?

노란 색종이와 붉은 색종이를 겹치면 위쪽에 있는 색종이의 색깔만 볼 수 있다. 이와 마찬가지로 멘델의 실험에서는 잡종 1대에서 모두 키 큰 완두만 나왔다. 다른 대립 형질의 교배 실험에서도 잡종 1대에서 두 가지 형질 중 한쪽만 나왔다.

이때 키가 큰 형질처럼 잡종 1대에서 나타나는 형질을 **우성**이라 하고, 키가 작은 형질처럼 잡종 1대에서 나타나지 않는 형질을 **열성**이라고 한다. 이처럼 순종의 대립 형질끼리 교배시켰을 때 잡종 1대에서 우성 형질만 나타나는 현상을 **우열의 법칙**이라고 한다.

❹ 그림 Ⅵ-5 색종이의 겹침_ 두 장의 색종이를 겹쳐 놓으면 위쪽의 색깔만 볼 수 있듯이 완두의 대립 형질도 한쪽만 표현된다.




❹ 그림 Ⅵ-6 순종의 키 큰 완두와 키 작은 완두의 교배



---



### ❀ 우열의 법칙

(1) **멘델의 실험 결과** 순종의 키 큰 완두와 키 작은 완두를 교배한 결과 모두 키 큰 완두만 나왔다.

(2) **멘델이 제안한 가설에 의한 설명**

① 키 큰 유전자를 T, 키 작은 유전자를 t라고 하면 순종의 키 큰 완두의 유전자형은 TT, 키 작은 완두의 유전자형은 tt가 된다.
② 순종의 키 큰 완두와 키 작은 완두의 생식세포에는 각각 유전자 T와 t가 하나씩 들어간다.
③ 잡종 1대의 유전자형은 Tt가 된다.
④ 유전자 T는 t를 억제하기 때문에 잡종 1대에서 모두 키 큰 완두만 나타난다.
⑤ 잡종 1대에서 나타나는 키 큰 형질을 우성, 숨어 있는 키 작은 형질을 열성이라고 한다.

(3) **우열의 법칙** 순종의 대립 형질을 교배시켰을 때 잡종 1대에서 우성 형질만 나오는 현상이다.

## 분리의 법칙

멘델은 순종의 키 큰 완두와 키 작은 완두 사이에서 키 큰 완두만 나오는 것에 대하여 의문이 생겼다.

"키가 작은 형질은 유전되지 않는 것일까?", "유전은 되지만 숨어 있는 것일까, 아니면 완전히 없어진 것일까?"

이러한 의문을 풀기 위해 멘델은 첫 번째 실험에서 얻은 잡종 1대의 키 큰 완두를 자화 수분시켰다. 실험 결과 잡종 2대에서는 우성 형질인 키 큰 완두와 열성 형질인 키 작은 완두가 약 3 : 1의 비율로 나타나는 것을 알 수 있었다. 이처럼 멘델의 실험 결과 잡종 2대에서 키 큰 완두와 키 작은 완두가 3 : 1의 비율로 나타나는 까닭은 무엇일까?

순종의 키 큰 완두에서 만들어진 생식세포의 유전자형을 T로 표시할 때 순종의 키 작은 완두에서 만들어진 생식세포의 유전자형은 t로 표시할 수 있다. 따라서 이 생식세포들이 수정하여 형성된 잡종 1대의 유전자형은 Tt가 된다.

잡종 1대인 키 큰 완두(Tt)의 꽃에서 생식세포 분열이 일어나면 유전자 Tt가 분리되어 T를 가진 생식세포와 t를 가진 생식세포가 1 : 1의 비율로 만들어진다. 이 생식세포들을 다시 수정시키면 잡종 2대에서 유전자형이 TT, Tt, tt인 완두가 1 : 2 : 1의 비율로 나타난다. 이 완두에서 TT와 Tt의 표현형은 키 큰 완두이며, tt의 표현형은 키 작은 완두이다. 즉, 키 큰 완두와 키 작은 완두는 3 : 1의 비율로 나타난다. 이러한 결과는 멘델의 실험 결과와 일치한다.

이처럼 한 쌍의 대립 유전자가 분리되어 다음 대에 유전되는 현상을 **분리의 법칙**이라고 한다. 잡종 2대에서 우성과 열성 형질의 비율이 3 : 1로 나타나는 현상은 분리의 법칙에 따른 결과이다.




❸ 그림 Ⅱ-8 분리의 법칙




❸ 그림 Ⅱ-7 잡종 1대인 키 큰 완두의 자화 수분

1. 멘델의 유전 법칙 259

### ❀ 분리의 법칙

(1) **멘델의 실험 결과** 잡종 1대의 키 큰 완두를 자화 수분했을 때 키 큰 완두와 키 작은 완두가 3 : 1로 나타난다.

(2) **멘델이 제안한 가설에 의한 설명**

① 잡종 1대의 유전자형이 Tt일 경우, 잡종 1대가 만든 생식세포에는 T와 t 중 하나의 유전자만 들어가게 된다.

② 생식세포의 수정에 의해 잡종 2대에서 우성과 열성 형질이 3 : 1의 비율로 나타난다.

(3) **분리의 법칙** 한 쌍의 대립 유전자가 생식세포에 나누어 들어가 다음 대에 전달되는 현상이다.

### ❀ 검정 교배

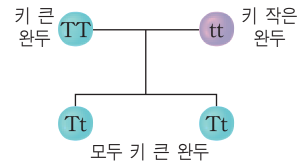
우성 형질의 개체가 순종인지 잡종인지 알아보기 위해 열성 형질과 교배시키는 것을 검정 교배라고 한다. 예를 들어 유전자형을 알 수 없는 황색 완두가 있을 때 이 황색 완두를 대립 열성 형질인 녹색 완두와 교배시킨다. 만일 황색 완두가 순종이라면, 황색 완두와 녹색 완두 사이에서 나오는 자손은 모두 황색 완두일 것이다.




### ❀ 멘델의 검정 교배 실험

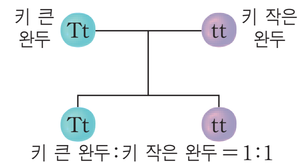
멘델은 키 큰 완두를 열성 형질인 키 작은 완두와 교배하여 나온 자손을 보고, 키 큰 완두가 순종인지 잡종인지 판단하였다. 키 큰 완두가 순종(TT)인 경우 키 작은 완두(tt)와 교배하면 자손의 유전자 구성이 모두 Tt가 되어 키 큰 완두만 나타나고, 키 큰 완두가 잡종(Tt)일 경우에는 키 큰 완두(Tt)와 키 작은 완두(tt)가 같은 비로 나타나게 되므로 키 큰 완두가 순종인지 잡종인지 판단할 수 있다.

(1) **우성 개체가 순종인 경우** 우성 개체가 순종인 경우 열성 개체와 교배하면 잡종 1대에서는 우성 형질만 나타난다.



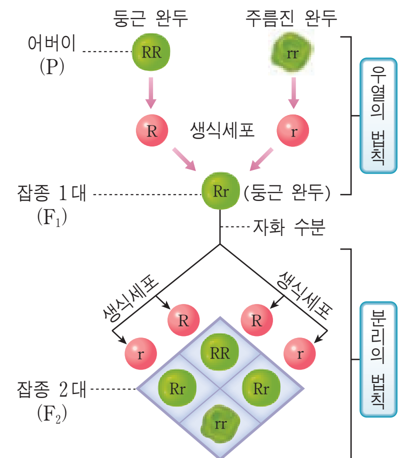

❸ 키 큰 완두가 순종인 경우

(2) **우성 개체가 잡종인 경우** 우성 개체가 잡종인 경우 열성 개체와 교배하면 잡종 1대에서는 우성 형질과 열성 형질이 1 : 1의 비율로 나타난다.




❸ 키 큰 완두가 잡종인 경우

### ❀ 우열의 법칙과 분리의 법칙



> 스스로 해결하기
>
> 둥글고 황색인 완두(RrYY)에서는 유전자형이 ( RY )와/과 ( rY )인 생식세포가 1 : 1의 비율로 만들어진다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 유전자형을 표시하는 방법

유전자 A, B가 각각 대립 유전자 a, b에 대하여 우성일 때 표현형은 A−B−, A−bb, aaB−, aabb와 같이 표시할 수 있다.

### ❀ 단성 잡종과 양성 잡종

(1) **단성 잡종** 씨의 모양처럼 하나의 형질에 대하여 잡종인 것을 말한다.

(2) **양성 잡종** 씨의 모양과 색깔처럼 두 가지 형질에 대하여 잡종인 것을 말한다.

### ❀ P, $F_1$, $F_2$의 의미

유전학에서는 어버이를 P로, 잡종 1대를 $F_1$, 잡종 2대를 $F_2$로 표현하기도 한다. 여기서 P는 부모를 의미하는 라틴어 Parens, F는 자손을 의미하는 Filius의 첫 글자를 따서 표기한 것이다.

> **참고 자료** 확률의 법칙을 따르는 유전 법칙
>
> 멘델의 분리의 법칙과 독립의 법칙에 의해 나타나는 자손의 유전자형과 표현형의 비율은 확률의 법칙에 의해 예측할 수 있다. 확률의 범위는 0에서 1까지이다. 절대로 일어날 수 없는 일이 일어날 확률은 0이고, 확실하게 일어날 일의 확률은 1이다.
>
> 유전자형이 Rr인 잡종 1대를 자화 수분하였을 때 분리의 법칙에 따라 암술, 수술에 있는 각 생식세포에 유전자 R 또는 r가 들어갈 확률은 $\frac{1}{2}$이다. 동전의 앞면을 R, 뒷면을 r에 대응시킨다면 각 생식세포에 R 또는 r가 들어갈 확률은 동전을 1회 던졌을 때 앞면 또는 뒷면이 나올 확률과 같다.

> 스스로 해결하기
>
> 둥글고 황색인 완두(RrYY)에서는 유전자형이 (　　)와/과 (　　)인 생식세포가 1 : 1의 비율로 만들어진다.

**독립의 법칙**

멘델은 완두의 여러 형질 중 '키'라는 한 가지 형질을 선택하여 교배 실험한 결과 이 형질이 우열의 법칙과 분리의 법칙에 따라 유전된다는 사실을 알게 되었다. 그런데 두 가지 이상의 형질이 동시에 유전되는 경우에는 어떤 방식으로 유전되는 걸까?

이를 알아보기 위해 멘델은 순종의 둥글고 황색인 완두와 주름지고 녹색인 완두를 교배하여 잡종 1대를 얻고, 다시 자화 수분하여 잡종 2대를 얻었다. 그리고 잡종 1대와 잡종 2대에서 얻은 씨를 모양과 색깔에 따라 구분해 보았다.

먼저, 순종의 둥글고 황색인 완두(RRYY)와 주름지고 녹색인 완두(rryy)를 교배했을 때 잡종 1대에서는 모두 둥글고 황색인 완두(RrYy)만 나왔다.

잡종 1대에서 만들어지는 둥글고 황색인 완두(RrYy)의 생식세포는 유전자형이 RY, Ry, rY, ry인 것이 1 : 1 : 1 : 1의 비율로 만들어진다.

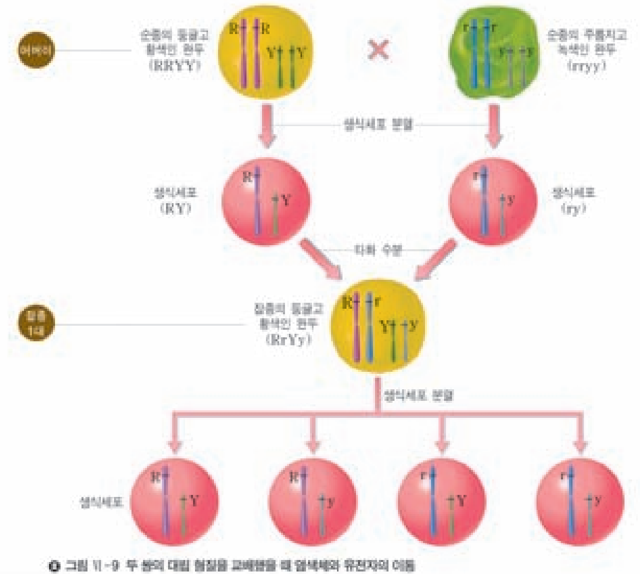



그림 Ⅱ-9 두 쌍의 대립 형질을 교배했을 때 염색체와 유전자의 이동

## 과학 돋보기

### ❀ 독립의 법칙

**(1) 멘델의 실험 결과**

① 둥글고 황색인 완두와 주름지고 녹색인 완두를 교배하여 $F_1$에서는 둥글고 황색인 완두만 얻었다.

② $F_1$을 자화 수분하여 얻은 $F_2$에서는 둥글고 황색, 둥글고 녹색, 주름지고 황색, 주름지고 녹색인 네 종류의 완두가 약 9 : 3 : 3 : 1의 비율로 나타났다.

③ $F_2$의 완두를 모양과 색깔별로 구분하면, 둥근 것과 주름진 것의 비율과 황색과 녹색의 비율이 모두 12 : 4, 즉 3 : 1로 나타났다.

**(2) 멘델이 제안한 가설에 의한 설명**

① 잡종 1대인 둥글고 황색인 완두(RrYy)에서 유전자의 분리가 서로 독립적으로 일어나기 때문에 유전자 구성이 RY, Ry, rY, ry인 생식세포가 같은 수로 생긴다.

② 이들 네 종류의 생식세포가 수정하는 방법은 16가지이며, 우열의 법칙에 따라 잡종 2대의 표현형의 비율은 9 : 3 : 3 : 1이 된다.

잡종 1대를 자화 수분시키면 네 종류의 생식세포가 무작위로 결합하여 잡종 2대가 만들어진다. 이때 잡종 2대에서 형성될 수 있는 유전자 조합의 경우의 수는 16가지이다. 이렇게 형성된 잡종 2대의 표현형을 분류해 보면 둥글고 황색, 둥글고 녹색, 주름지고 황색, 주름지고 녹색인 개체의 비율이 9 : 3 : 3 : 1로 나타난다.

교배 결과를 보면 둥근 완두와 주름진 완두의 비율이 12 : 4이고, 황색 완두와 녹색 완두의 비율도 12 : 4이다. 이것은 한 가지 형질만을 선택하여 교배했을 때 잡종 2대에서 우성과 열성의 비율이 3 : 1이었던 결과와 일치한다. 따라서 완두의 씨 모양 형질이 유전될 때에는 씨 색깔 형질의 영향을 받지 않고, 씨 색깔 형질이 유전될 때에도 씨 모양 형질의 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

이처럼 두 쌍 이상의 대립 형질이 동시에 어버이로부터 자손에게 유전될 때 한 쌍의 대립 형질을 결정하는 유전자는 다른 쌍의 대립 형질을 결정하는 유전자에 영향을 주거나 또는 영향을 받지 않고 독립적으로 유전되는데, 이를 **독립의 법칙**이라고 한다.




❸ 그림 Ⅵ-10 두 쌍의 대립 형질의 유전

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

순종의 둥글고 황색인 완두와 순종의 주름지고 녹색인 완두를 교배하였을 때, 잡종 1대에서 둥글고 황색인 완두만 나오는 까닭은 무엇인가?

**응용 문제 해결하기**

둥글고 녹색인 완두(Rryy)가 만들 수 있는 생식세포의 유전자형은 몇 가지인가?



③ 여기서 둥근 완두와 주름진 완두의 비율과 황색인 완두와 녹색인 완두의 비율이 모두 3 : 1인 것을 알 수 있다.

(3) **독립의 법칙** 두 쌍의 대립 형질이 유전될 때 서로 영향을 주지 않고 독립적으로 유전되는 현상을 말한다. 독립의 법칙은 두 쌍 이상의 대립 유전자가 각각 다른 염색체 위에 있을 때에만 적용된다. 그러나 생물의 형질은 무수히 많고 염색체 수는 이에 비해 훨씬 적기 때문에 연관되어 나타나는 형질이 많으며, 또한 교차가 일어나기 때문에 다양한 유전 현상이 일어난다. 이와 같은 현상이 멘델이 선택한 완두의 유전 형질에서는 발견되지 않았기 때문에 멘델은 독립의 법칙을 발견하는 데 어려움이 없었을 것이다.

### ❀ 연관과 교차

(1) **연관** 하나의 염색체에 함께 있는 유전자들을 서로 연관되어 있다고 한다. 연관되어 있는 유전자는 생식세포가 형성될 때 분리되지 않고 함께 이동한다.

(2) **교차** 감수 1분열 전기에 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 이룰 때, 상동 염색체 사이에서 유전자의 일부가 교환되어 새로운 유전자 조합이 이루어지는 현상이다.




### ❀ 퍼넷 사각형

형질의 교배 실험 결과 생길 수 있는 자손 형질의 유전자 조합을 쉽게 알아볼 수 있는 도표이다. 어버이의 생식세포의 유전자형을 왼쪽과 위쪽 칸에 써 넣고, 나머지 사각형 안에 각각의 생식세포의 결합으로 만들어지는 자손의 유전자 조합을 써 넣는다.

❸ 퍼넷 사각형으로 알아본 자손의 유전자 조합

| 생식세포 | R | r |
| --- | --- | --- |
| R | RR(둥글다) | Rr(둥글다) |
| r | Rr(둥글다) | rr(주름지다) |

### ❀ 염색체 수와 유전자 수

멘델이 가정한 것처럼 각각의 유전자가 독립적으로 행동하려면 염색체마다 각각 1개의 유전자만을 가져야 할 것이다. 하나의 유전자가 하나의 염색체 위에 존재한다면 사람의 핵에는 염색체가 수만 개 있어야 한다. 하지만 사람의 체세포 염색체는 46개(23쌍)이고 유전자의 수는 약 2만 가지이다. 따라서 수많은 유전자가 염색체 위에 존재하려면 하나의 염색체에 많은 유전자가 함께 들어 있어야만 한다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

둥근 완두가 주름진 완두에 대해 우성이고, 황색 완두가 녹색 완두에 대해 우성이다. 그러므로 순종의 둥글고 황색인 완두와 순종의 주름지고 녹색인 완두를 교배하면 잡종 1대에서 둥글고 황색인 완두만 나온다.

▶ **응용 문제 해결하기**

완두 씨의 모양을 결정하는 유전자(R, r)와 색깔을 결정하는 유전자(Y, y)는 서로 다른 염색체에 존재한다. 그러므로 둥글고 녹색(Rryy)인 완두가 만들 수 있는 생식세포의 유전자형은 Ry와 ry의 2가지이다.

# 1-3 중간 유전

## | 학습 내용 안내 |

(1) 붉은색 분꽃과 흰색 분꽃을 교배한 결과 분홍색 분꽃이 나타난 이유를 안다.
(2) 분꽃의 꽃 색깔 유전이 멘델 법칙 중 어떤 법칙에 위배되는지를 안다.
(3) 분꽃의 교배 실험에서 잡종 2대의 예상 결과를 퍼넷 사각형을 사용하여 이해한다.
(4) 금어초의 꽃 색깔과 팔로미노 말의 갈기 색 유전에서 중간 유전 현상이 어떻게 나타나는지를 안다.

## | 학습 전개 |

분꽃의 교배 실험에서 잡종 1대에서 분홍색 분꽃이 나타난 이유를 설명하게 한다.



잡종 1대에서 생성되는 생식세포의 종류를 이해하게 하고, 퍼넷 사각형을 사용하여 잡종 2대의 결과를 설명하게 한다.



금어초의 꽃 색깔과 팔로미노 말의 갈기 색 유전에서 잡종 1대와 잡종 2대의 결과를 예측하게 한 다음 중간 유전 현상을 설명하게 한다.

## | 관련 지식 |

❀ **코렌스(Correns, C. E. ; 1864~1933)**

독일의 식물학자로서, 멘델 법칙을 재발견하였다. 분꽃을 실험 재료로 하여 유전 현상을 연구하여 불완전 우성 현상을 발견하였다.

**찾아보기**

- 선생님도 모르는 과학자 이야기(2004), 사마키 타케오 저, 윤명현 역, 글담
- 필수 유전학(2007), DANIEL L. HARTL, Elizabeth W.Jones 저, 김남우 외 2역, 월드사이언스



# 1-3 중간 유전



**학습 목표**

- 중간 유전의 특성을 설명할 수 있다.

초록색 셀로판종이와 빨간색 셀로판종이를 겹쳐서 보면 두 색깔 중 어느 하나로 보이는 것이 아니라 짙은 보라색으로 보인다. 셀로판종이를 겹쳤을 때와 비슷한 원리로 설명할 수 있는 유전 현상에는 어떤 것이 있을까?

**코렌스(Correns, C. E. ; 1864~1933)** 독일의 과학자로서, 중간 유전을 연구하였다.

독일의 코렌스는 분꽃을 재료로 유전 실험을 하였다. 코렌스는 붉은색 분꽃과 흰색 분꽃의 순종을 얻은 다음 이들을 교배하여 잡종 1대를 얻었다. 그런데 잡종 1대에서는 붉은색이나 흰색의 분꽃이 나온 것이 아니라, 어버이 대에서는 볼 수 없었던 분홍색 분꽃만 나타났다.




❶ 그림 Ⅵ-11 코렌스의 예상 교배 결과



❶ 그림 Ⅵ-12 분꽃

분꽃의 교배 실험에서 붉은색 꽃의 유전자를 R, 흰색 꽃의 유전자를 W로 나타내면, 붉은색 분꽃은 유전자형이 RR, 흰색 분꽃은 유전자형이 WW가 된다. 이들을 교배하면 잡종 1대는 유전자형이 RW가 되고, 우열의 법칙을 따른다면 이때의 표현형은 붉은색 또는 흰색이 나타날 것으로 예상할 수 있다. 그러나 실험 결과 모두 분홍색 분꽃만 나타났다.

분꽃의 잡종 1대와 같이 유전자 R와 W를 동시에 가질 경우 유전자 R와 W 사이에 우열 관계가 분명하지 않아 중간 형질인 분홍색이 나타난 것이다. 이러한 유전 현상을 **중간 유전**이라고 하며, 두 유전자 사이의 관계를 **불완전 우성**이라고 한다.





### ❀ 중간 유전

대립 유전자 사이의 우열 관계가 불완전하여 유전자형이 잡종일 경우 표현형이 우열의 법칙을 따르지 않고 어버이의 중간 형질이 나타나는 현상이다. 중간 유전은 1903년 독일의 코렌스가 분꽃의 교배 실험 결과를 통해 꽃잎의 색깔에서 발견하였다.

**(1) 중간 유전의 예** 분꽃의 꽃 색깔, 팔로미노 말의 갈기 색, 금어초의 꽃 색깔 등

**(2) 중간 유전의 특징**

① 대립 유전자 사이의 우열 관계가 불완전하다.
② 멘델의 유전 법칙 중 우열의 법칙에 어긋난다.
③ 멘델의 유전 법칙 중 분리의 법칙은 적용된다.
④ 잡종 1대($F_1$)에서 어버이의 중간 형질이 나타난다.
⑤ 잡종 2대($F_2$)에서 표현형과 유전자형의 분리비가 1 : 2 : 1로 동일하다.

예 붉은색 분꽃과 흰색 분꽃을 교배시킬 경우 잡종 2대에서 표현형의 분리비는 붉은색, 분홍색, 흰색이 1 : 2 : 1이고, 유전자형의 분리비는 RR, RW, WW가 1 : 2 : 1이다.




◎ 그림 Ⅱ-13 분꽃의 중간 유전에서 유전자의 이동



◎ 그림 Ⅱ-15 팔로미노 말

분홍색 꽃의 잡종 1대(RW)를 자화 수분하면 잡종 2대에서는 RR, RW, WW의 비율이 1 : 2 : 1로 나타나는데, 이때 RR는 붉은색 꽃, RW는 분홍색 꽃, WW는 흰색 꽃이다. 따라서 잡종 2대에서 표현형의 분리비는 붉은색, 분홍색, 흰색이 1 : 2 : 1이 되어 유전자형의 분리비와 표현형의 분리비가 일치한다.

중간 유전은 분꽃의 꽃 색깔 유전뿐만 아니라 둥근잎나팔꽃이나 금어초의 꽃 색깔 유전 등에서도 나타난다. 팔로미노 말의 털색이 옅은 갈색인 것도 갈색 말과 흰색 말인 어버이 사이에 나타난 중간 유전의 결과이다.

◎ 그림 Ⅱ-14 금어초의 중간 유전_ 순종의 붉은색 금어초와 흰색 금어초를 교배하면 분홍색 금어초가 나온다.

자기 주도 학습

개념 확인하기

분꽃의 꽃 색깔 유전은 중간 유전의 대표적인 예이다. 그 이유는 무엇인가?

응용 문제 해결하기

표현형을 모르는 금어초를 교배하였더니 자손의 표현형 분리비가 분홍색, 흰색이 1 : 1로 나타났다. 어버이의 표현형은 무엇인가?

263

## 관련 지식

### ❀ 불완전 우성

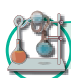
중간 유전의 예로 분꽃 색깔을 많이 든다. 붉은색(RR)과 흰색(WW)의 중간색인 분홍색(RW)이 나와서 중간 유전은 두 유전 형질의 절충형이 나타난다고 생각하는데, 꼭 그렇지는 않다. 즉, 이형 접합자의 표현형이 단순히 두 유전 형질의 절충형이 아닌 독특한 특성을 가지는 경우가 있다. 대표적인 예로는 갈색 갈기를 가진 말과 흰색 갈기를 가진 말 사이에서 팔로미노라는 황색 갈기를 가진 말이 태어나는 경우이다. 이 경우 갈색, 팔로미노, 흰색의 비율이 1 : 2 : 1로서, 중간 유전의 특성을 보여 주지만, 실제로 팔로미노는 갈색과 흰색의 중간적인 특성이 아니라 독립적인 것이다.

## 심화 학습 여러 가지 유전 현상

(1) **치사 유전**: 특정 유전자를 가진 개체의 정상적인 발현을 막아 어떤 시기에 죽게 하는 유전이다.

(2) **억제 유전**: 어떤 형질을 나타나게 하지는 않지만 다른 유전자의 표현을 억제하는 유전이다.

(3) **다인자 유전**: 여러 가지 유전자가 한 가지 형질 발현에 함께 관여하는 유전이다.



## 학습 자료실

### ❀ 분꽃

쌍떡잎식물로서, 꽃잎에 때때로 줄무늬나 반점이 생기기도 한다. 늦은 오후에 핀 꽃은 다음날 아침에 진다. 생장 속도가 빠르며, 키가 1 m 정도로 자란다. 잎은 달걀 모양이고 잎자루가 짧으며 줄기의 마디 부분이 부풀어 있다. 통꽃처럼 보이나 꽃부리는 꽃받침이 변한 것이고, 꽃부리 아래의 꽃받침처럼 보이는 것은 포(苞)가 변한 것이다. 주름진 씨는 익으면 검은색으로 되는데, 속에 흰 가루가 들어 있다.

### ❀ 금어초

쌍떡잎식물로서, 품종에 따라 붉은색, 흰색, 노란색, 주황색 등 여러 가지 색깔이 있으며, 추위에 강하다. 꽃이 용머리 모양으로 생겼다고 하여 스냅드래곤(snapdragon)이라고 불린다. 북아메리카 서부, 지중해 서부 지방이 원산지이며, 40여 종이 있다. 꽃은 좌우 대칭이고, 두 갈래의 꽃부리 중 아래쪽에 있는 입술 모양의 꽃잎이 닫혀 있어 대부분의 곤충들이 접근하지 못한다. 금어초의 주된 수분 매개체인 벌만이 꽃 안으로 들어가 수분이 일어나게 해 준다. 정원 식물로 흔히 심고 있으며, 원예용으로 많은 변종들이 있다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

붉은색 꽃의 유전자(R)와 흰색 꽃 유전자(W) 사이에 우열 관계가 분명하지 않기 때문이다.

▶ 응용 문제 해결하기

자손의 표현형의 분리비가 분홍색 : 흰색=1 : 1로 나타났으므로 어버이 중 하나는 분홍색, 나머지 하나는 흰색임을 알 수 있다.

# 2-1 사람의 유전 연구 방법

## | 학습 내용 안내 |

(1) 1란성 쌍둥이와 2란성 쌍둥이가 생기는 과정을 알고, 쌍둥이 연구를 통해 유전과 환경 중 어느 쪽의 영향을 더 많이 받는지를 안다.
(2) 한 가계의 유전 형질을 조사하고 기호를 사용하여 가계도를 작성한 다음, 가계도를 분석하여 특정 형질의 우열 관계를 이해한다.
(3) 가능한 한 많은 사람을 대상으로 통계 조사한 자료를 분석하는 통계 조사법은 어떤 분야에서 이용되는지를 안다.
(4) 핵형 분석, 유전자 분석 등 최근의 유전 연구 방법에 대하여 안다.

## | 학습 전개 |

1란성 쌍둥이와 2란성 쌍둥이의 차이점을 이해하게 하고, 쌍둥이 연구 결과를 해석하여 유전과 환경의 영향을 설명하게 한다.



쌍꺼풀에 대한 조사 내용을 바탕으로 영희네 가족의 가계도를 그리게 하고, 가계도를 분석하여 우열 관계를 판단할 수 있는 이유를 설명하게 한다.



통계 조사법이란 무엇이며, 어디에 이용되는지 이해하게 하고, 최근의 유전 연구 방법에는 어떤 것들이 있는지를 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 알면 알수록 신비한 인간 유전 100가지(2010), 사마키 에미코 외 4저, 박주영 역, 중앙 에듀북스
- ESSENTIALS OF 유전학(2005), Klug 저, 황혜진 역, 월드사이언스

---

Ⅵ. 유전과 진화

# 2-1 사람의 유전 연구 방법



**학습 목표**

- 사람의 유전 연구 방법을 설명할 수 있다.

1란성 쌍둥이는 생김새가 매우 비슷하며 혈액형도 같다. 그러나 성격이나 지능 등 몇몇 형질에서는 어느 정도의 차이가 나타나기도 한다. 1란성 쌍둥이의 형질은 유전 연구에 어떻게 이용될 수 있을까?

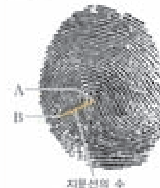
유전의 원리를 찾기 위해 이용된 생물은 완두나 초파리 등이었다. 사람은 연구 목적에 따라 자유롭게 교배 실험을 할 수 없고, 한 번에 낳는 자손의 수가 적어서 유전 연구가 어렵기 때문이다. 또한 사람은 다른 생물보다 한 세대가 길어서 여러 세대를 직접 관찰할 수 없으며, 형질이 복잡하고 유전자의 수가 많아 연구하는 데 많은 어려움이 있다. 따라서 사람의 유전을 연구할 때에는 쌍둥이 연구, 가계도 조사, 통계 조사 등과 같은 간접적인 방법을 주로 이용한다.

### 쌍둥이 연구

쌍둥이 연구는 1란성 쌍둥이와 2란성 쌍둥이의 형질을 비교함으로써 형질이 유전과 환경 중 어느 쪽의 영향을 더 많이 받는지 조사하는 방법이다.

**해 보기 | 쌍둥이 연구** 자료 해석

**지문선의 수**
A에서 B까지의 지문선의 수로 나타낸다.




표는 세 가지 형질에 대한 1란성 쌍둥이와 2란성 쌍둥이의 일치율을 나타낸 것이다(단, 일치율이란 쌍둥이 중 한 명에 어떤 형질이 나타날 때 다른 한 명에게도 그 형질이 나타나는 비율을 말한다).

| 구분 | 1란성 쌍둥이의 일치율 | | 2란성 쌍둥이의 일치율 (함께 자란 경우) |
|---|---|---|---|
| | 함께 자란 경우 | 따로 자란 경우 | |
| 혈액형 | 1.00 | 1.00 | 0.66 |
| 지문선의 수 | 0.95 | 0.95 | 0.49 |
| 홍역 발병 | 0.90 | 0.45 | 0.87 |

|해석| 창의 · 인성

1 세 가지 형질 중에서 환경보다 유전의 영향을 더 많이 받는 것은 무엇인가? 또한 그렇게 생각한 이유는 무엇인가?

2 같은 환경에서 자란 2란성 쌍둥이의 형질 차이는 무엇을 의미하는가?

266 Ⅵ. 유전과 진화

---

**해 보기** 자료 해석

|해석| 창의 · 인성

1 혈액형, 지문선의 수_ 혈액형의 경우 1란성 쌍둥이가 서로 다른 환경에서 따로 자란 경우에도 일치율이 1.00임을 알 수 있다. 이것으로 혈액형은 유전의 영향을 더 많이 받았다고 판단할 수 있다. 지문선의 수의 경우에도 함께 자란 2란성 쌍둥이보다 1란성 쌍둥이의 일치율이 월등히 높다. 이처럼 지문선의 수도 유전의 영향을 더 많이 받았다고 판단할 수 있다. 그러나 지문선의 수의 경우 혈액형과 달리 일치율이 1이 되지 않고 0.95로 나온 것은 생활 습관이나 일하는 환경에 따라 지문선이 지워져 조금씩 차이가 날 수 있기 때문이다.

2 2란성 쌍둥이는 난자 2개가 배란되어 각각 서로 다른 정자와 수정하여 태어나게 된다. 그러므로 2란성 쌍둥이의 유전자 구성은 서로 다르다. 이 때문에 같은 환경에서 자란 2란성 쌍둥이 사이에 나타나는 형질의 차이는 주로 유전적 차이일 가능성이 크다. 반면, 1란성 쌍둥이는 하나의 난자와 하나의 정자가 수정하여 발생하는 과정에서 2개로 나누어져서 만들어지므로, 유전적 구성이 동일하다.



1란성 쌍둥이는 하나의 난자와 하나의 정자가 수정하여 발생하는 과정에서 2개로 나누어진 것이므로 모든 유전자가 동일하다. 그러므로 따로 자란 1란성 쌍둥이 사이의 형질 차이는 환경의 영향을 받았다고 볼 수 있다. 반면, 2란성 쌍둥이는 난자 2개가 배란되어 각각 수정이 일어나 태어나므로 유전자 구성이 서로 다르다. 그러므로 함께 자란 2란성 쌍둥이 사이의 형질 차이는 주로 유전에 의한 것일 가능성이 크다.

❸ 그림 Ⅵ-16 쌍둥이의 초음파 사진_ 임신 중에 초음파를 이용하여 쌍둥이 여부를 확인할 수 있다.

**가계도 조사**

가계도 조사는 집안의 유전 형질을 조사할 때 주로 이용되는 유전 연구 방법이다. 가계도는 한 가계의 유전 형질을 조사하여 기호로 나타낸 것으로서, 가계도에는 성별, 형질, 혈연 및 결혼 관계 등을 나타낸다. 가계도를 분석하면 특정한 형질이 가계에 어떻게 나타나는지를 알 수 있다.

**해 보기 | 가계도 작성** 추리

다음은 영희네 가족을 대상으로 쌍꺼풀에 대해 조사한 내용이다.

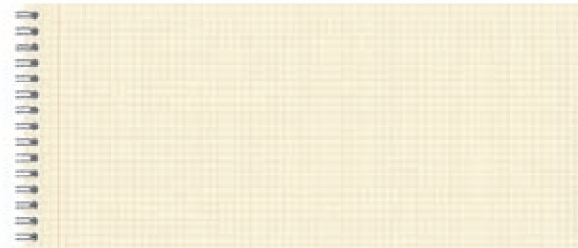
(가) 할머니, 아버지, 오빠는 쌍꺼풀이 없다.
(나) 할아버지, 고모, 어머니, 영희는 쌍꺼풀이 있다.
(다) 고모는 쌍꺼풀이 있는 고모부와 결혼하여 아들, 딸, 아들의 순서로 2남 1녀를 낳았다. 그런데 자녀 중 딸만 쌍꺼풀이 없다.

가계도 작성 요령
- 남자 / 여자
- 우성 형질 / 열성 형질
- 부부는 가로선, 자손은 세로선으로 표시한다.

부모 / 자손

|해석|

1 조사 내용을 바탕으로 영희네 가족의 쌍꺼풀 가계도를 작성해 보고, 가족들의 유전자형을 표시해 보자(단, 우성 유전자는 A, 열성 유전자는 a로 표현한다).



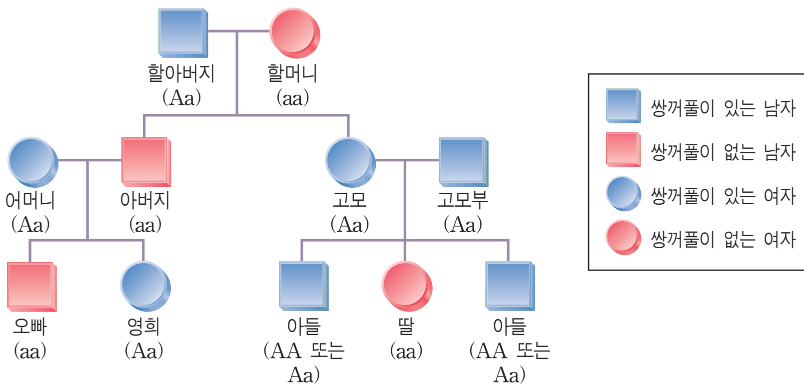
2 쌍꺼풀은 우성인가, 열성인가? 또한 그렇게 생각한 이유는 무엇인가?

2. 사람의 유전 267

## 해 보기 추리

**|해석|**

1




2 우성, 쌍꺼풀이 있는 고모와 고모부 사이에서 쌍꺼풀이 없는 딸이 태어났으므로 쌍꺼풀이 있는 형질이 없는 형질에 대하여 우성임을 알 수 있다.




### ❀ 사람의 유전 연구가 어려운 이유

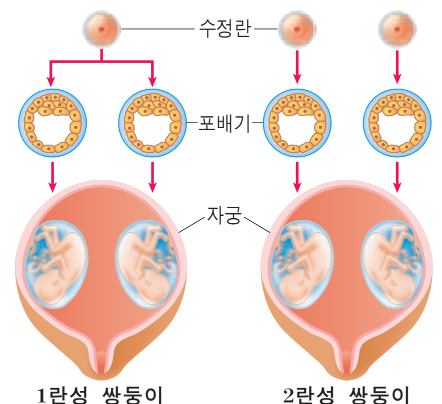
(1) 한 세대가 길기 때문에 여러 세대에 걸친 유전 현상을 직접 관찰할 수 없다. 한 세대란 자손이 자라 다시 자손을 낳을 때까지 걸리는 시간이다.
(2) 자손의 수가 적어서 통계 조사한 결과에 대한 신뢰성이 낮고 일반화가 어렵다.
(3) 완두나 초파리와 달리 연구 목적에 따른 임의적인 교배가 불가능하다.
(4) 형질이 뚜렷하지 않고 복잡하며, 유전자도 많아서 결과를 분석하기 어렵다.
(5) 형질은 유전적 요인뿐만 아니라 환경의 영향도 많이 받으므로, 특정 형질이 유전에 의한 것인지 환경에 의한 것인지 확인하기 어렵다.

### ❀ 쌍둥이 연구

1란성 쌍둥이와 2란성 쌍둥이를 비교하여 형질의 차이가 유전과 환경 중 어느 요인에 더 많은 영향을 받는지 연구하는 방법이다.

❸ 1란성 쌍둥이와 2란성 쌍둥이 비교

| 구분 | 1란성 쌍둥이 | 2란성 쌍둥이 |
|---|---|---|
| 발생 과정 | 한 개의 난자와 한 개의 정자가 수정한 수정란이 발생 초기에 분리되어 각각 발생한다. | 두 개의 난자가 동시에 배란되어 각각 다른 정자와 수정한 후 발생한다. |
| 형질 차이 | 유전자 구성이 동일하므로 형질의 차이는 환경의 영향에 의해 나타난다. | 유전자 구성이 다르므로, 형질의 차이는 유전과 환경의 차이가 복합되어 나타난다. |



어떤 형질이 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다면 가계도 조사를 통해 형질의 우열 관계와 유전자형이 순종인지 잡종인지를 구분할 수 있다. 또한 형질을 결정하는 유전자가 상염색체와 성염색체 중 어디에 존재하는지도 파악할 수 있다.

**더하기 형질의 결정**
유전자가 상염색체에 존재하면 남녀의 구별 없이 형질이 나타나는 빈도는 같다. 그러나 유전자가 성염색체인 X염색체에 존재하면 남녀에 따라 나타나는 형질의 빈도가 달라진다. 반면, Y염색체에 존재하면 남자에게만 형질이 나타난다.

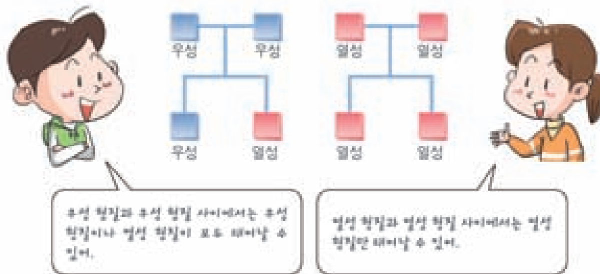



그림 Ⅵ-17 가계도를 통한 형질의 우열 관계

잠깐 체크 우성 형질과 열성 형질 사이에서는 어떤 형질의 자녀가 태어날 수 있는가?

**통계 조사법**

통계 조사법은 어떤 형질에 대해 가능한 한 많은 사람을 대상으로 조사하여 얻은 자료를 분석하는 방법이다. 이 방법을 통해 그 형질의 특징이나 유전자의 분포 등을 알아낼 수 있다. 예를 들어 ABO식 혈액형에 대한 통계 조사법을 통해 인종별 혈액형의 분포가 조금씩 다르다는 것을 알 수 있다.

**최근의 유전 연구 방법**

최근에는 사람의 유전 연구에 염색체 수와 모양을 관찰하는 **핵형 분석**이 이용되고 있다. 또 인간 유전체 계획에 의해 유전자 지도가 완성되어 특정 유전자의 위치와 역할을 알 수 있게 되었고, 이를 통해 유전병에 대한 근본적인 치료법도 개발할 수 있게 되었다.

자기 주도 학습

개념 확인하기
정상인 부부 사이에서 태어난 자녀 중에는 유전병인 자녀가 있다. 이때 유전병은 우성인가, 열성인가?

과학과 기술, 사회 연관 짓기
어떤 범죄 현장에서 범인이 남긴 혈흔을 가지고 여러 명의 용의자 중에서 범인을 검거했다고 한다. 어떤 방법으로 범인을 확인할 수 있었을까?

268 Ⅵ. 유전과 진화



### ❀ 가계도

어떤 집안의 혈연이나 결혼 관계를 나타낸 그림에 특정한 유전 형질을 가진 사람을 표시한 것을 가계도라고 한다. 또한 가족 간의 관계를 빠르게 알아보고 필요한 정보를 손쉽게 얻기 위해 만든 그림을 가리키기도 한다.

### ❀ 가계도 조사

특정 형질의 우열 관계와 각각의 사람이 갖는 유전자형, 유전자의 전달 경로 등을 조사할 때 이용되는 유전 연구 방법이다.

### ❀ 가계도 조사를 사용하는 분야

(1) 주로 의학이나 생물학, 계통학, 유전학, 심리학 등에 폭넓게 사용되고 있다.
(2) 아주 드물게 나타나는 형질의 경우, 가계도를 분석하면 그 형질의 특성을 파악하는 데 도움이 된다.

### ❀ 유전자 연구

염기의 배열 순서는 사람에 따라 약간씩 차이가 있다. 따라서 개인의 DNA 염기 서열 차이를 이용하면 사람 사이의 유전적 관계를 파악할 수 있고 질병에 대한 적합한 치료 방법을 찾아낼 수도 있다.

**잠깐 체크**

우성 형질만 태어나거나 우성 형질과 열성 형질이 모두 태어날 수 있다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

열성_ 정상인 부부 사이에서 유전병인 자녀가 태어났으므로 유전병은 열성 형질이다.

▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

범인이 남긴 혈흔을 이용하여 DNA 분석을 통한 유전자 감식을 한다. 그렇게 얻어진 결과를 분석하여 여러 용의자 중에서 범인을 확인할 수 있다.



### ❀ 가계도 분석의 한계

(1) 사람은 자손이 많지 않기 때문에 가계도를 분석하여 특정 형질이 우성인지, 열성인지 또는 상염색체에 의한 유전인지, 성염색체에 의한 유전인지를 판단하기 어려운 경우가 많다.
(2) 유전자형이 Aa인 남녀가 결혼하여 자손을 낳을 경우 이론적으로 aa인 자녀가 나올 확률은 25 %이지만, 자손의 수가 적기 때문에 멘델이 완두를 통해 밝혔던 자손의 분리비와 일치하기는 어렵다.

### ❀ 드물게 나타나는 형질에 대한 가계도 분석 방법

**(1) 우성 형질인지 열성 형질인지를 판단**

① 자손이 형질을 가지고 있고 부모 중 한쪽이 그 형질을 가지고 있으면 우성 형질이다.
② 자손에게는 형질이 드물고 부모 중 아무도 그 형질을 가지고 있지 않으면 열성 형질이다.

**(2) 상염색체에 의해 유전되는지 X염색체에 의해 유전되는지를 판단**

① 형질을 가진 사람이 드물고 대부분 남자이거나 모두 남자일 경우 상염색체에 의해서 유전되기보다 Y염색체에 의해 유전될 가능성이 높다.

## 핵형 분석

유전적 질병을 가진 아기의 출산을 미리 알고 막을 수 있는 방법은 없을까?

한 생물이 가진 염색체의 수와 모양, 크기를 핵형이라고 한다. 같은 생물의 모든 세포는 동일한 핵형을 갖는다. 따라서 태아의 세포를 채취하여 핵형을 분석하면 염색체의 구조와 수의 이상을 미리 밝혀낼 수 있다.

핵형을 분석할 때에는 양수에 떠다니는 태아의 세포를 이용하기도 하지만, 태반 조직의 일부를 채취하여 이용할 수도 있다. 이렇게 채취한 세포를 배양하여 염색체 표본을 만든다.

약물 처리를 한 염색체를 현미경으로 관찰하여 촬영한 사진을 잘라 상동 염색체끼리 짝을 지어 배열한다. 핵형은 염색체의 길이가 긴 순서대로 1번부터 22번까지 배열하고, 성염색체는 맨 끝에 별도로 배열하는 것이 일반적인 방법이다.

이처럼 핵형을 분석하면 염색체의 수나 염색체 구조의 이상을 발견할 수 있다. 예를 들어 다운 증후군은 사람의 염색체 중 21번째 염색체가 하나 더 많아서 나타나는 유전성 질병으로서, 신생아 700~1,000명당 한 명꼴로 나타난다.



❶ 다운 증후군 환자_ 21번 염색체가 정상인보다 하나 더 많아서 나타나는 유전성 질병이다.




❷ 핵형 분석_ 태아 염색체의 이상 여부를 검사하여 이상이 있다면 어떤 염색체에 이상이 있는지를 알아내기 위해 실시된다.

2. 사람의 유전 269

② 형질이 나타나는 빈도가 드물고 남자와 여자에게 나타나는 빈도가 비슷할 경우 상염색체에 의해 유전될 가능성이 높다.

### ❀ 헌팅턴 무도병의 가계도 조사

헌팅턴 무도병은 유전자가 상염색체에 존재하고 우성으로 유전되는 중추 신경계 퇴행성 질환이며, 10만 명당 5~8명 정도로 발생하는 것으로 알려져 있다. 이 병의 경우 약 1만여 명의 베네수엘라 사람들을 대상으로 조사하여 우열의 관계, 유전자 분포 등을 비교적 정확하게 알 수 있었다.



❷ 헌팅턴 무도병의 가계도 조사

### ❀ 통계 조사법

한 집단의 유전자 발현 빈도를 조사하여 집단 전체의 유전 현상을 연구하는 방법이다. 이 방법을 통해 어떤 형질의 특징이나 유전자의 분포 등을 알아낼 수 있다.

**융합 STEAM**

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 태아의 유전 질환을 진단하는 방법과 그 원리를 조사해 보게 한다.

2 다운 증후군을 가진 사람에 대한 잘못된 인식과 차별된 행동을 가지지 않도록 지도한다.

### ❀ 핵형 분석

상동 염색체의 쌍을 찾아 기준에 따라 배열한 후 염색체의 수와 모양을 분석하는 방법으로서, 염색체 이상에 따른 유전적 질환과 그 원인을 찾아낼 수 있다.

(1) **양수 검사** 양수에 있는 태아의 세포에 들어 있는 염색체를 분석하여 유전적 이상을 검사하는 방법이다. 양수는 임신 14~16주부터 얻을 수 있다.

(2) **융모막 검사** 태반의 융모막에 있는 돌기를 이루는 세포는 태아로부터 발생된 것으로서, 태아와 유전자가 같다. 따라서 임신 8~10주 정도에 융모막의 돌기를 채취하여 분석하면 태아의 유전적 이상을 알 수 있다.

### ❀ 양수 검사와 융모막 검사의 차이

양수 검사는 태아의 세포를 수 주간 배양해야 하지만, 융모막 검사는 소량의 융모막 돌기 조직을 추출하여 검사하기 때문에 분석 결과를 빠르게 얻을 수 있다.

### ❀ 다운 증후군

다운 증후군 환자의 95 %는 21번 염색체가 3개이며, 산모의 연령이 높을수록 이 병을 가진 신생아가 태어날 빈도가 높아진다. 다운 증후군 환자는 둥글고 넓적한 얼굴, 큰 혀, 정신 지체, 심장 기형 등의 특징을 나타낸다. 또한 호흡기 감염과 백혈병에 잘 걸리고 대개 35세 이전에 사망한다. 다운 증후군 외에도 염색체 수의 이상으로 나타나는 돌연변이로 X염색체를 한 개만 갖는 터너 증후군과 성염색체의 조성이 XXY인 클라인펠터 증후군이 있다.

# 2-2 상염색체에 의한 유전

## | 학습 내용 안내 |

(1) 상염색체에 의한 유전 형질은 특정한 성에 치우치지 않음을 안다.

(2) 귓불 가계도를 분석하여 귓불 유전의 특성을 안다.

(3) ABO식 혈액형 유전의 특성을 가계도 분석을 통해 이해한다.

## | 학습 전개 |

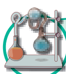
상염색체에 의한 유전의 특징을 이해하게 하고, 이러한 방식으로 유전되는 형질에는 어떤 것이 있는지 설명하게 한다.



귓불 유전에 대한 가계도를 분석하여 우열 관계와 특정한 형질을 가지게 될 확률을 계산하게 한다.



ABO식 혈액형 유전의 가계도를 분석하게 하고, 특정한 사람의 유전자형과 유전자의 전달 과정을 설명하게 한다.



학습 자료실

### ❀ 사람의 유전 형질의 예

| 유전 형질 | 우성 | 열성 |
|---|---|---|
| 손가락 수 | 단지, 다지 | 정상 |
| 머리카락 모양 | 곱슬머리 | 직모 |

찾아보기

- 유전학의 이해(개념과 원리)(2009), Benjamin A. Pierce 저, 전상학 외 2역, 라이프사이언스
- 맛있는 과학 26(유전과 진화)(2012), 민주영 저, 황은혜 그림, 주니어 김영사

---



## 2-2 상염색체에 의한 유전



학습 목표

- 상염색체에 의한 유전의 특성을 설명할 수 있다.




아기를 낳기 전 부모는 태어날 아기의 모습을 상상하곤 한다. "나는 쌍꺼풀이 있는데 우리 아기도 쌍꺼풀이 있을까?", "우리 둘 다 보조개가 있는데 우리 아기도 보조개가 있을까?"와 같은 궁금증을 품게 된다. 이런 궁금증을 미리 알아보는 방법에는 무엇이 있을까?

상염색체는 사람의 염색체 중에서 남녀에게 공통으로 들어 있는 염색체이다. 상염색체에 있는 유전자에 의해 나타나는 형질은 남녀의 특정한 성에 치우치지 않고 골고루 나타난다. 이러한 유전 형질에는 귓불, 미맹, ABO식 혈액형 등이 있다.

⊙ 그림 Ⅵ-18 상염색체에 의한 유전 형질






---



과학 돋보기

### ❀ 상염색체에 의한 유전

유전자가 상염색체에 존재하며, 멘델의 유전 법칙에 따라 유전된다.

(1) **두 개의 대립 유전자에 의한 유전** 하나의 형질을 결정하는 유전자가 한 쌍 있으며, 대립 유전자 사이의 우열 관계가 뚜렷하다. 예 귓불, 미맹, 혀말기 등

(2) **세 개 이상의 대립 유전자에 의한 유전(복대립 유전)** 하나의 유전 형질을 결정하는 데 세 개 이상의 대립 유전자가 관여하는 유전 현상이다. 예 ABO식 혈액형

### ❀ ABO식 혈액형

적혈구 표면의 응집원에 따라 A형, B형, AB형, O형으로 구분하고, 응집원은 3가지 대립 유전자 A, B, O에 의해 결정된다.

(1) 유전자 A와 B 사이에는 우열 관계가 없고, 유전자 A와 B는 유전자 O에 대해서는 모두 우성이다(A=B>O).

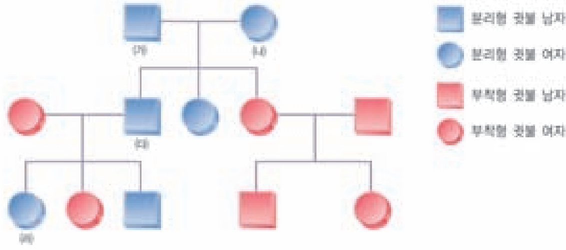
(2) 유전자 A는 응집원 A를 만들고, 유전자 B는 응집원 B를 만들며, 유전자 O는 응집원을 만들지 못한다.

## 귓불 유전

귓바퀴 아래의 늘어진 부분이 귓불인데, 귓불은 분리형과 부착형의 두 가지 대립 형질로 나타난다. 이러한 귓불은 어떻게 유전될까?

**해 보기** 귓불 유전의 가계도 분석 — 자료 해석

그림은 어느 집안의 귓불 유전에 대한 가계도를 나타낸 것이다.




**|해석|**

1 (가)와 (나)의 유전자형은?(단, 우성 유전자를 E, 열성 유전자를 e로 나타낸다.)

2 (다)는 부착형 귓불 유전자를 가지고 있는가?

3 (라)가 부착형 귓불인 남자와 결혼했을 때 그 자녀가 부착형 귓불일 확률은 몇 %인가?

가계도에서 분리형 귓불인 부모로부터 부착형 귓불인 자녀가 태어났으므로, 분리형이 우성 형질이고 부착형이 열성 형질임을 알 수 있다. 우성인 분리형 귓불 유전자를 E, 열성인 부착형 귓불 유전자를 e라고 하면 분리형 귓불의 유전자형은 EE이거나 Ee가 되고, 부착형 귓불의 유전자형은 ee가 된다.

부착형 귓불인 자식의 유전자형이 ee인데, 유전자 e는 부모로부터 하나씩 물려받았으므로 정상인 부모의 유전자형은 모두 Ee임을 알 수 있다. 또 부모 중 한 명이 열성인 부착형 귓불이면 분리형 귓불인 자녀의 유전자형은 Ee가 된다.

귓불에 대한 가계도를 분석해 보면 귓불 형질은 남녀의 성에 따라 차이가 나지 않고 멘델 법칙에 따라 유전된다는 것을 알 수 있다.

> **스스로 해결하기**
> 쌍꺼풀인 부모에게서 외꺼풀인 자식이 태어났다면 부모는 (　　) 유전자와 (　　) 유전자를 가지고 있다.

**잠깐 체크** 부착형 귓불인 부모에게서 태어나는 자녀의 귓불은 몇 종류인가?

2. 사람의 유전 271



❀ PTC(phenylthiocarbamide)

미맹 검사에 사용되는 쓴맛이 나는 물질로서, 보통 0.13 % 정도의 용액으로 검사한다. PTC 용액의 쓴맛을 느끼지 못하는 사람을 미맹이라고 한다. 미맹은 상염색체에 의해 유전되며, 정상에 대해 열성으로 유전된다. 따라서 정상 유전자를 T, 미맹 유전자를 t라고 하면 PTC 용액의 쓴맛을 느끼는 사람의 유전자형은 TT이거나 Tt가 되고, 쓴맛을 느끼지 못하는 사람의 유전자형은 tt가 된다. 미맹은 음식물의 맛을 느끼는 것과는 상관없기 때문에 일상생활에는 지장이 없다.

**해 보기** — 자료 해석

**|해석|**

1 (가) Ee, (나) Ee_ 분리형인 (가)와 (나) 사이에서 부착형인 딸이 태어났기 때문에 분리형이 부착형에 대해 우성 형질이라고 판단할 수 있다. 분리형 유전자를 E, 부착형 유전자를 e로 나타내면, 부착형인 딸의 유전자형은 ee가 된다. 이 딸이 가지고 있는 부착형 유전자(e)는 부모인 (가)와 (나)로부터 하나씩 물려받은 것이므로 (가)와 (나)의 유전자형은 Ee임을 알 수 있다.

2 가지고 있다._ (다)의 딸 중에는 부착형(ee)이 있으며, 이 딸이 가지고 있는 부착형 유전자(e)는 부모에게서 하나씩 물려받은 것이다. 따라서 (다)는 분리형 유전자(E)와 부착형 유전자(e)를 하나씩 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

3 50 %_ 분리형인 (라)는 어머니로부터 부착형 유전자(e)를 물려받았고, 아버지인 (다)로부터 분리형 유전자(E)를 물려받아 유전자형이 Ee이다. (라)가 부착형인 남자(ee)와 결혼하면 태어나는 자녀는 분리형(Ee)이거나 부착형(ee)이다. 그러므로 (라)의 자녀가 부착형일 확률은 50 %가 된다.

### 참고 자료 대머리 유전

기본적으로 대머리 형질은 유전에 의해 나타난다. 사람의 대머리 유전자는 상염색체에 있지만 주로 남자에게만 나타난다. 그러나 대머리 유전자를 갖고 있다고 해서 모두 발현되는 것은 아니며, 유전자의 영향이 겉으로 나타나게 하는 것은 남성 호르몬이 중요한 역할을 한다. 대머리가 주로 남자에게 나타나는 것은 여자에 비해 남성 호르몬의 분비량이 많기 때문이다. 따라서 여자도 대머리가 있으나 대부분 남자와 달리 머리숱이 적어지는 형태로 나타난다.

> **스스로 해결하기**
> 쌍꺼풀인 부모에게서 외까풀인 자식이 태어났다면 부모는 ( 쌍꺼풀 ) 유전자와 ( 외까풀 ) 유전자를 가지고 있다.

**잠깐 체크**

자녀의 귓불은 부착형 한 종류만 나타난다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 공우성

두 대립 유전자가 모두 우성으로 표현될 때 공우성이라고 한다. 예를 들어 ABO식 혈액형의 경우 유전자 A와 유전자 B 사이에는 우열 관계가 없는 공우성이다.

**+참고 자료** Rh식 혈액형의 유전

Rh식 혈액형은 ABO식 혈액형과 달리 응집원의 형성에 $Rh^+$, $Rh^-$라는 두 개의 대립 유전자가 관여한다. 유전자 $Rh^+$는 적혈구 표면에 Rh 응집원을 만들며 우성으로 작용한다. 유전자 $Rh^-$는 응집원을 만들지 않으며 열성으로 작용한다. 따라서 Rh식 혈액형은 멘델 법칙에 따라 유전된다. 우성인 부모 사이에서 열성인 자손이 나올 수 있으므로 부모가 모두 $Rh^+$형이더라도 $Rh^-$형인 자식이 태어날 수 있다. 그러나 부모가 모두 $Rh^-$형일 경우에는 $Rh^+$형인 자식이 태어날 수 없다.

**❸ Rh 혈액형의 응집원과 유전자형**

| 구분 | $Rh^+$형 | $Rh^-$형 |
|---|---|---|
| 적혈구 표면의 응집원 | Rh 응집원 있음 | Rh 응집원 없음 |
| 유전자형 | $Rh^+Rh^+$, $Rh^+Rh^-$ | $Rh^-Rh^-$ |

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

오른손잡이 부모로부터 왼손잡이 아들이 태어났으므로 오른손잡이가 우성 형질이다. 그러므로 부모의 유전자형은 Aa이고, 아들의 유전자형은 aa이다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

어떤 부모로부터 O형인 아기가 태어났다면, 아기의 유전자형은 OO가 된다. 아기의 유전자 O는 부모로부터 하나씩 물려받은 것이기 때문에 부모 중 어느 쪽도 AB형은 될 수 없다.

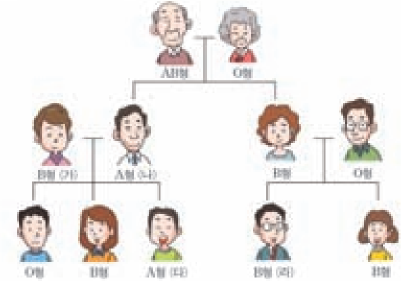
**ABO식 혈액형 유전**

병원에서 수혈을 할 때 반드시 고려해야 할 혈액형 중의 하나가 ABO식 혈액형이다. ABO식 혈액형은 어떻게 유전되는지 알아보자.



해 보기 | ABO식 혈액형 유전의 가계도 분석 | 자료 해석

그림은 어느 집안의 ABO식 혈액형 유전에 대한 가계도이다.




**[해석]**

1. (가)의 유전자형은 무엇인가?
2. (나)의 유전자형을 명확하게 알 수 있는가?
3. (다)가 O형인 이성과 결혼했을 때 그 자녀가 A형일 확률은 몇 %인가?
4. (라)가 가지고 있는 유전자 O는 누구에게서 전달받은 것인가?

ABO식 혈액형에는 A형, B형, AB형, O형이 있으며 A, B, O 세 가지 유전자에 의해 혈액형이 결정된다. 유전자 A와 B는 유전자 O에 대하여 각각 우성이며, 유전자 A와 B 사이에는 우열 관계가 없다. 따라서 혈액형이 A형인 사람의 유전자형은 AA이거나 AO이고, B형인 사람의 유전자형은 BB와 BO이며, O형인 사람의 유전자형은 OO이다. 유전자형이 AB인 경우 유전자 A와 B 사이에는 우열 관계가 없어서 AB형이 된다.

자기 주도 학습

개념 확인하기: 손잡이 형질은 멘델 법칙을 따르며, 유전자가 상염색체에 존재한다. 부모가 오른손잡이인데, 아들이 왼손잡이인 경우 이 가족의 유전자형을 모두 쓰시오(단, 우성 유전자는 A, 열성 유전자는 a로 표시한다).

생활 속 문제 해결하기: 어떤 부모로부터 O형인 아기가 태어났다. 이 아기의 부모 중 어느 쪽에서도 나타날 수 없는 혈액형은 무엇인가?

272 Ⅵ. 유전과 진화



해 보기 | 자료 해석

**|해석| 창의 · 인성**

**1** BO_ (가)의 자녀 중 O형이 있으며, O형의 유전자형은 OO이다. O형의 자녀가 가지고 있는 유전자 O는 (가)와 (나)로부터 하나씩 물려받은 것이다. 또 B형인 (가)는 유전자 B를 가지고 있으므로 (가)의 유전자형은 BO임을 판단할 수 있다.

**2** 명확하게 알 수 있다._ A형인 (나)는 유전자 A를 AB형인 할아버지로부터 물려받았다. 또한 할머니가 O형(OO)이며, 할머니의 유전자 O는 (나)에게 전달된다. 따라서 (나)는 유전자 A와 O를 가지고 있는 A형(AO)이라고 판단할 수 있다.

**3** 50 %_ B형인 (가)와 A형인 (나)로부터 태어난 A형인 (다)는 (나)로부터 유전자 A를 물려받고, (가)로부터 유전자 O를 물려받아 유전자형이 AO임을 알 수 있다. 그러므로 O형인 여성과 결혼하면 태어나는 자녀는 A형과 O형의 비율이 1 : 1이 되어, 자녀가 A형일 확률은 50 %가 된다.

**4** 아버지에게서 전달받은 것이다._ B형인 (라)는 유전자 B를 어머니로부터 물려받았고, O형인 아버지로부터 유전자 O를 물려받았다.

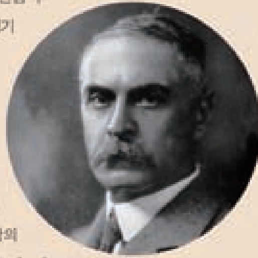
STEAM 융합

# ABO식 혈액형의 발견

수혈은 1667년 프랑스에서 처음으로 시도되었다. 초기에는 수혈로 효과를 거둔 만큼 부작용도 많았으며 사망자도 속출하였다. 이러한 부작용은 부적합한 혈액 사이에서 생기는 응집 반응 때문이었다.

1899년 사틀록은 서로 다른 사람의 혈액을 섞었을 때 적혈구가 응집 반응을 일으키는 현상을 발견하였다. 이러한 반응의 의미를 알지 못한 사틀록은 단순히 류머티즘열 때문에 생기는 것이라고 생각하였다.

수혈의 부작용인 응집 반응의 정체와 그 원인을 규명한 사람은 란트슈타이너였다. 1900년 란트슈타이너는 혈청학에 관한 연구를 하다가 바로 전해에 사틀록이 발견했던 것과 같은 현상을 관찰하였다. 즉, 어떤 사람에게서 얻은 혈청을 다른 사람의 혈액에 넣었을 때 적혈구끼리 서로 엉겨 크고 작은 덩어리가 생기는 것을 관찰하였으며, 이것은 혈액형을 발견하는 계기가 되었다. 그리고 란트슈타이너는 서로 다른 사람의 혈액을 섞었을 때 항상 응집 현상이 일어나는 것은 아니라는 사실도 발견하였다. 즉, 란트슈타이너는 어떤 혈액들 사이에는 응집 현상이 생기고, 또 어떤 혈액들 사이에는 생기지 않는다는 사실을 놓치지 않았다. 마침내 그는 사람의 혈액을 몇 가지로 나눌 수 있다는 가설을 세웠으며, 그러한 가설에 따라 연구를 계속해서 1901년 응집성의 차이에 따라 A형, B형, O형의 세 가지 혈액형으로 구분할 수 있다고 결론을 내렸다.

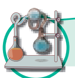

란트슈타이너(Landsteiner, K. : 1868~1943)

이러한 연구 업적은 자신이 발견한 현상을 무심코 넘기지 않고 그 의미에 대해 진지하게 생각한 결과였다. 이를 통해 학문 연구에서 새로운 방법이나 첨단 도구가 꼭 필요한 경우도 있지만, 연구자의 문제의식이 더 근본적인 요소라는 것을 알 수 있다. 란트슈타이너가 세 가지 혈액형의 존재에 대해 확인한 이듬해에 데카스텔로와 스털리는 네 번째 혈액형, 즉 AB형이 존재한다는 사실을 발견하였다.

란트슈타이너가 혈액형을 발견함으로써 안전한 수혈이 가능해졌으며, 이 덕분에 수많은 사람이 생명을 구할 수 있었다. 그뿐만 아니라 출혈 문제를 극복하게 된 외과 의사들이 더욱 적극적으로 수술을 함으로써 외과 분야의 발전에도 크게 기여하였다.

물음 ABO식 혈액형이 같아도 수혈을 하면 응집 반응이 나타날 수 있다. 그 이유를 조사해 보자.

2. 사람의 유전 273



학습 자료실

### 다인자 유전

사람의 혀말기, 미맹과 같은 형질과는 달리 사람의 피부색이나 키, 몸무게, 발 크기, 지능과 같은 형질은 집단 내에서 조금씩 차이를 보이면서 연속적으로 나타난다. 이처럼 표현형이 다양하게 나타나는 것은 하나의 형질에 두 쌍 이상의 유전자가 함께 관여하기 때문인데, 이와 같은 유전을 다인자 유전이라고 한다. 이 유전에 의한 표현형은 연속적인 변이를 보이며, 일반적으로 정규 분포 곡선을 나타낸다.

### 사람의 다양한 피부색

사람의 피부색은 주로 진피의 모세 혈관에 있는 혈액의 색깔과 표피 및 진피에 포함된 색소(보통 멜라닌 색소)에 의해 결정되는데, 표피층의 두께나 그 밖의 병적인 색소에 의해서도 달라진다. 따라서 혈액량이 많으면 붉은색을 띠고 적으면 창백하며, 정맥혈이 정체되면 청색을 띠거나 약간 검게 보이기도 한다. 표피의 멜라닌 색소가 증가하면 황갈색이나 갈색으로 보인다. 사람의 피부색을 결정하는 유전자는 상당히 많은 것으로 알려져 있으며, 다인자 유전에 해당한다.

융합 STEAM

### 응집원과 응집소

응집원이란 혈액 응집에 관여하는 적혈구 표면의 항원 물질이고, 응집소란 적혈구를 응집시킬 수 있는 항체이다.

응집원 A는 응집소 $\alpha$와 만나 응집 반응을 일으키고 응집원 B는 응집소 $\beta$와 만나 응집 반응을 일으키므로 A형과 B형은 서로 수혈을 할 수 없고, AB형은 AB형에게만 수혈이 가능하다.

**ABO식 혈액형의 응집원과 응집소**

| 구분 | A형 | B형 | O형 | AB형 |
|---|---|---|---|---|
| 응집원 | A | B | 없음 | A, B |
| 응집소 | $\beta$ | $\alpha$ | $\alpha$, $\beta$ | 없음 |

### ABO식을 따르지 않는 혈액형 유전

심장 수술을 받기 위해 혈액형 검사를 받은 13세 여자 아이의 혈액형이 아버지가 AB형, 어머니가 O형인데도 AB형으로 나타난 사례가 있다. 검사 결과 아버지가 매우 특이한 'cis-AB형'으로 나타났다.

'cis-AB형'이란 일반적인 AB형의 비정상적인 형태로서, 보통의 혈액형 검사에서는 A형 또는 B형으로 진단되며, 'cis-AB형'을 가진 사람은 정밀 검사를 통해서만 비정상형 AB형으로 판정된다. 정상인 AB형의 경우 유전자 A와 유전자 B는 각각 상동 염색체의 대립하는 위치에 존재하는 반면, 'cis-AB형'인 사람은 유전자 A와 B가 모두 한쪽 염색체에 몰려 있다. 따라서 자녀에게 유전될 때 유전자 A, B가 함께 전달된다.

이러한 'cis-AB형'은 유전자 A와 B의 재조합으로 생성될 수 있고, A형 유전자의 돌연변이로도 생성될 수 있다.

물음 혈액형 종류에는 ABO식 혈액형 외에도 Rh식 혈액형이 있다. $Rh^+$형이 $Rh^-$형에게 수혈하면 항원 항체 반응이 일어나므로 수혈이 불가능하다. 반면, $Rh^-$형이 $Rh^+$형에게 수혈하는 것은 가능하다.

# 2-3 성염색체에 의한 유전

## 학습 내용 안내

(1) 반성 유전은 X염색체에 유전자가 있어 성별에 따라 형질의 출현 빈도가 달라지는 것을 안다.

(2) 색맹 가계도를 분석하여 색맹 유전자의 전달 경로를 이해하고, 색맹의 자녀가 출현할 확률을 계산한다.

## 학습 전개

X염색체에 의해 유전되는 반성 유전의 특징을 이해하고, 부모의 유전자형에 따른 색맹 유전의 결과를 설명하게 한다.

↓

적록 색맹의 가계도를 분석하게 하고, 반성 유전의 특징을 설명하게 한다.

↓

혈우병 유전과 색맹 유전의 공통점과 차이점을 이해하고, 한성 유전의 특징을 설명하게 한다.



# 2-3 성염색체에 의한 유전

학습 목표
- 성염색체에 의한 유전의 특성을 설명할 수 있다.

영국의 과학자 돌턴은 색맹이었다. 어느 날 어머니에게 회색 양말을 선물했는데, 그것이 나중에 빨간색이었음을 알고 자신은 다른 사람들이 보는 색을 볼 수 없다는 것을 알았다. 그 후 돌턴은 색맹을 연구하여 색맹에 관한 최초의 논문을 발표하였고, 색맹 연구에 자신의 눈을 써 달라고 유언을 남길 만큼 색맹 연구에 적극적이었다. 색맹은 어떻게 유전될까?

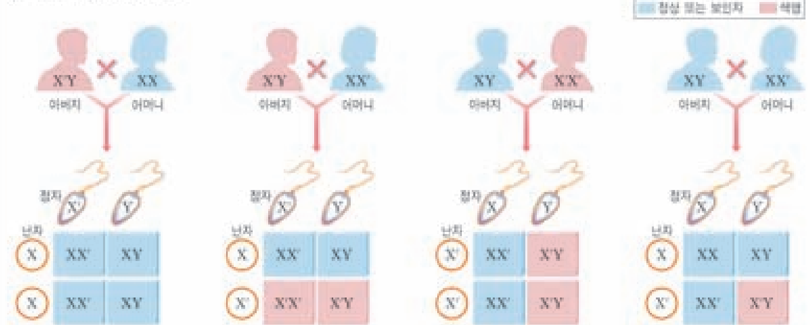

돌턴

적색과 녹색을 구별하지 못하는 적록 색맹은 여자보다 남자에게서 많이 나타난다. 그 이유는 색맹 유전자가 성염색체 중 X염색체에 존재하여 성별에 따라 형질이 나타나는 빈도가 달라지기 때문이다. 이처럼 성염색체에 들어 있는 유전자 때문에 나타나는 유전 현상을 **반성 유전**이라고 한다.

색맹 유전자는 정상에 대해 열성으로 유전되며, 일반적으로 정상 유전자를 X, 색맹 유전자를 X′으로 나타낸다. 남자는 X염색체에 색맹 유전자가 있으면 색맹이 되지만, 여자는 두 개의 X염색체에 색맹 유전자가 모두 존재할 경우에만 색맹이 된다. 따라서 색맹은 여자보다 남자에게 더 많이 나타난다. 한편, 정상이지만 자손에게 유전될 수 있는 색맹 유전자를 지닌 여성(XX′)을 **보인자**라고 한다.

적록 색맹의 유전 가계도를 통해 성염색체에 의한 유전의 특성에 대해 알아보자.

그림 Ⅵ-19 색맹 유전의 분석






## 관련 지식

### 색맹

사람 눈의 망막에 있는 원뿔 세포에 선천적 이상이 있어 색깔을 구별하지 못하는 상태를 색맹이라고 한다. 색맹은 보통 부분 색맹과 전색맹으로 나누는데, 부분 색맹에는 적색과 녹색을 구별하지 못하는 적록 색맹이 많고, 황색과 청색을 구별하지 못하는 황청 색맹도 있다. 전색맹은 모든 색깔을 구별하지 못하는 경우인데, 사람에게는 거의 없다.

찾아보기

- 3일 만에 읽는 유전자(2001), 와타나베 츠토무 저, 이영주 역, 서울 문화사
- 과학 공화국 생물 법정2(동물편)(2006), 정완상 저, 자음과 모음

## 과학 돋보기

### X염색체에 의한 유전(반성 유전)

유전자가 남녀 공통으로 가진 성염색체인 X염색체에 있으므로 남녀 모두에게 형질이 발현되지만, 성에 따라 발현 빈도가 다르다.

**(1) 열성 반성 유전–색맹 유전**

색맹 유전자는 X염색체에 있고 정상 유전자에 대해 열성인 유전이다. 남자의 경우 색맹 유전자가 한 개만 있어도 색맹이 되지만, 여자는 색맹 유전자가 두 개인 X′X′일 경우에만 색맹이 된다. 따라서 여자보다 남자에게 색맹의 비율이 높다.

| 우열 관계 | 정상 유전자(X) > 색맹 유전자(X′) |
|---|---|
| 유전자형과 표현형 | • 남자: XY(정상), X′Y(색맹)<br>• 여자: XX(정상), XX′(보인자), X′X′(색맹) |
| 특징 | • 남자가 여자보다 색맹의 비율이 높다.<br>• 어머니가 색맹이면 아들도 색맹이다.<br>• 아버지가 정상이면 딸은 정상이다. |

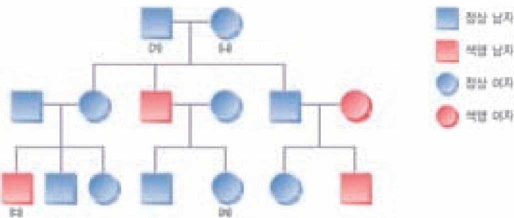


## 탐구 활동 | 적록 색맹의 유전 가계도 | 자료 해석

**목·표**

적록 색맹 유전의 특성을 설명할 수 있다.

다음은 적록 색맹의 유전 형질을 나타내는 어느 집안의 가계도이다.




**정리**

1 (가)의 유전자형은 무엇인가?

2 (나)는 색맹 유전자를 가지고 있는가?

3 (다)가 가지고 있는 색맹 유전자는 누구로부터 받은 것인가?

4 (라)가 색맹인 남자와 결혼했을 때 색맹인 딸이 태어날 확률은 몇 %인가?

색맹과 마찬가지로 반성 유전되는 유전 형질로는 혈우병이 있다. **혈우병**은 혈액 응고에 필요한 효소가 부족하여 상처를 입었을 때 혈액이 잘 응고되지 않고 출혈이 계속되는 유전병이다. 혈우병은 색맹과 같이 정상에 대하여 열성으로 유전된다. 그러나 X염색체 두 개에 혈우병 유전자가 모두 존재하는 여아의 경우 대부분 태어나기 전 발생 과정에서 유산되기 때문에 주로 남자에게만 나타난다.

한편, 유전자가 Y염색체 상에 존재할 경우 남자에게만 유전 형질이 나타난다. 이와 같이 한쪽 성에만 형질이 나타나는 유전 현상을 **한성 유전**이라고 한다. 한성 유전으로 나타나는 사람의 형질로는 귓속 털 과다증이 있다.

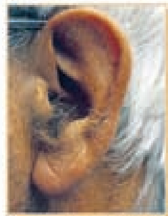


그림 Ⅱ-20 귓속 털 과다증

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

정상인 남자와 색맹인 여자가 결혼한 경우 태어나는 자녀는 어떻게 되는가?

**생활 속 문제 해결하기**

철수와 아버지, 어머니는 모두 색맹이 아니지만, 외할아버지는 색맹이다. 철수의 남동생이 태어날 경우 색맹이 될 확률은 얼마인가?



## 탐구 활동 | 자료 해석

**| 목표 |**

적록 색맹 유전의 특성을 설명할 수 있다.

**| 유의점 |**

1 어머니가 색맹(X′X′)이면 아들은 반드시 색맹(X′Y)이다.

2 딸이 색맹(X′X′)이면 아버지는 반드시 색맹(X′Y)이다.

**| 정리 |**

1 XY_ 색맹 유전자는 X염색체에 존재하고, (가)는 정상 남자이므로 (가)의 유전자형은 XY임을 알 수 있다.

2 가지고 있다._ (나)로부터 색맹인 아들이 태어났으므로 색맹인 아들이 가지고 있는 X′은 어머니로부터 물려받은 것이며, 정상인 (나)의 유전자형은 XX′이다.

3 어머니_ 색맹 남자인 (다)의 유전자형은 X′Y이다. 이 중 X′은 어머니로부터 물려받은 것이다.

4 25 %_ (라)는 정상인 여성이고 (라)의 아버지는 색맹(X′Y)이므로, (라)의 유전자형은 XX′이다. (라)와 색맹인 남자(X′Y)가 결혼하면 태어나는 자녀의 표현형은 XX′ : X′X′: XY : X′Y = 1 : 1 : 1 : 1이 된다. 그러므로 색맹인 딸(X′X′)이 태어날 확률은 25 %이다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

딸은 보인자가 되고, 아들은 색맹이 된다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

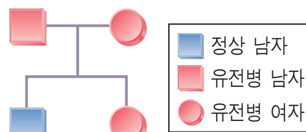
$\frac{1}{2}$_ 외할아버지가 색맹이므로 어머니는 색맹 유전자를 물려받아 보인자(XX′)이다. 따라서 철수의 남동생의 유전자형은 XY이거나 X′Y이므로 색맹이 될 확률은 $\frac{1}{2}$이다.

(2) **우성 반성 유전-가계도 분석**

① 유전병인 부모로부터 정상인 아들이 태어났으므로 유전병은 정상에 대해 우성 형질이다.

② 유전병 유전자를 X′, 정상 유전자를 X라고 할 때, 아버지가 유전병(X′Y)이면 딸은 아버지의 X′를 반드시 물려받는다. 그러나 어머니는 유전병이라 하더라도 유전자형이 헤테로(XX′)일 수 있으므로 정상인 아들이 태어날 수 있다.

③ 우성 반성 유전 형질은 남자보다 여자에게 더 많이 나타날 수 있으며, 어머니가 열성이면 아들은 반드시 열성이고 아버지가 우성이면 딸은 반드시 우성이다.




우성 반성 유전 가계도

### ❀ 성이 결정되는 원리

남자의 염색체 구성은 44+XY, 여자의 염색체 구성은 44+XX이다. 감수 분열이 일어날 때 난자의 염색체 구성은 22+X로서, X염색체를 가진 것만 생성되지만, 정자의 염색체 구성은 22+X, 22+Y로서, X염색체를 가진 것과 Y염색체를 가진 것 2가지가 생성된다. 따라서 사람의 성은 수정될 때 난자가 어떤 성염색체를 가진 정자와 결합하는가에 의해 결정된다.

# 3-1 진화의 증거

## | 학습 내용 안내 |

(1) 화석을 비교하여 진화의 증거를 설명할 수 있음을 안다.

(2) 해부학적 증거에 속하는 상동 기관과 상사 기관이 나타난 이유를 안다.

(3) 생화학적 증거 및 지리적 분포에 의한 증거를 안다.

## | 학습 전개 |

화석에서 찾은 진화의 증거를 이해하게 하고, 에티아카라 동물군 화석의 자료를 분석하여 진화의 증거를 설명하게 한다.



상동 기관과 상사 기관이 무엇인지 이해하게 하고 각각의 기관에 해당하는 예와 생성된 과정을 비교하여 진화의 증거를 설명하게 한다.



생화학적 증거를 이해하게 하고, 지리적 분포에 의한 진화의 증거를 설명하게 한다.

---

Ⅱ. 유전과 진화

# 3-1 진화의 증거



학습 목표

• 생물의 진화 증거를 설명할 수 있다.

경상남도 고성군의 상족암 군립 공원에는 코끼리 발자국과 닮은 타원형의 공룡 발자국이 2,000개 정도 선명하게 찍혀 있다. 공룡 발자국 화석은 약 1억 년 전 공룡의 움직임을 생생하게 보여 준다. 이러한 화석을 통해 무엇을 알아낼 수 있을까?

우리 주변에서 볼 수 있는 생물들은 겉모습이나 생활 방식 등에서 많은 차이를 보인다. 그러나 몸이 세포로 이루어져 있거나 세포 호흡을 하여 에너지를 얻는 것과 같이 몸을 구성하는 체제나 생명을 유지하는 기본적인 방법은 동일하다. 이러한 사실은 생물이 오랜 세월에 걸쳐 환경에 적응하면서 몸의 구조와 기능이 생존하기에 적합한 형태로 다양하게 진화했다는 증거가 된다. 이처럼 생물의 진화는 공통점이 있으면서 다양하게 변하는 특성이 있다.

생물이 진화했다는 증거로는 어떤 것들이 있을까?

### 화석상의 증거

삼엽충이나 고사리와 같은 화석은 생물이 살던 시대에 형성된 지층에 묻혀 있다. 따라서 각 지층에서 발견되는 화석을 비교해 보면 그 생물의 특징과 진화 과정을 알 수 있는데, 이것을 **화석 기록**이라고 한다.

화석을 비교해 보면 새로운 지층으로 갈수록 현존하는 생물과 비슷해지고, 종류도 다양해진다. 이것으로부터 생물이 진화했다는 것을 알 수 있다. 그 밖에도 멸종한 종과 현존하는 종 사이의 중간 단계에 해당하는 화석도 진화의 증거가 된다.

**용어 화석**
화석을 통해 화석이 생성될 당시에 살던 생물의 특징과 진화 과정을 추측할 수 있다. 또 화석이 발견된 지층의 생성 시기를 알 수 있고, 기후나 수륙 분포 등 특정한 환경을 추측할 수 있다.



삼엽충(고생대)



고사리(날씨가 따뜻하고 습기가 많은 지역)



그림 Ⅱ-21 뒷다리가 있는 멸종된 고래 화석_ 네 발 달린 고래의 조상으로부터 현존하는 고래로 진화하는 중간 단계의 화석이라고 추측할 수 있다.

278 Ⅱ. 유전과 진화

---

## | 관련 지식 |

### ❀ 고래의 화석 변화

고래의 조상은 다리가 네 개였으며 육상 생활을 하였다. 그러나 점차 골반과 뒷다리 뼈가 작아졌고, 오늘날의 고래는 뒷다리 흔적만 남아 있다. 이러한 고래 화석은 육상 생활을 하던 동물이 물속 생활에 적응하였음을 보여 준다.



과학 돋보기

### ❀ 화석상의 증거

(1) **화석** 과거에 살았던 생물의 사체나 흔적이 퇴적암 속에 굳어져 남은 것이다.

(2) **진화의 증거로서의 화석**

① 생물이 간단한 구조에서 복잡한 구조로 진화되었다.

② 새로운 지층의 화석일수록 몸의 구조가 복잡하고 다양한 종류의 생물이 나타난다.

(3) **지층** 퇴적암의 층으로서, 퇴적 당시의 지구 환경을 알려 주고 지각 변동의 흔적이 나타나 있다.

### ❀ 화석의 생성 조건

(1) 생물의 개체 수가 많아야 한다.

(2) 생물체에 뼈나 껍데기와 같은 단단한 부분이 있어야 화석으로 되기에 유리하다.

(3) 생물의 유해가 썩기 전에 빨리 퇴적물에 묻혀야 한다.

(4) 지각 변동을 받지 않고 잘 보존되어야 한다.

찾아보기

• 다윈이 들려주는 진화 이야기(2010), 김학현 저, 자음과 모음

• 화석 WHY(2005), 이광웅 저, 송회석 그림, 예림당

생물이 화석으로 만들어지기 위해서는 몸에 딱딱한 골격 부분이 있어야 한다. 그러나 특별한 환경에서는 부드러운 몸체를 가진 생물이 화석으로 보존되는 경우도 있어 진화 과정을 밝히는 데 큰 도움을 준다. 그중에서 최근의 놀라운 발견 중의 하나인 에디아카라 동물군 화석에 대하여 알아보자.

**탐구 활동** 에디아카라 동물군 화석 자료 해석

**목표** 에디아카라 동물군 화석을 비교하여 진화의 증거를 설명할 수 있다.

그림은 최근에 발견된 에디아카라 동물군의 화석 중 싸이클로메두사와 디킨소니아이다.

싸이클로메두사 디킨소니아

에디아카라 동물군 화석은 선캄브리아 시대의 지층에서 발견되었다. 이 화석들 중 일부인 싸이클로메두사와 디킨소니아의 몸에는 딱딱한 골격이나 발달된 다리가 없으며 해파리와 같이 유연한 몸을 가진 생물로 추측된다. 디킨소니아의 경우 큰 것은 길이가 140 cm 정도 된다.

탐구도우미
**에디아카라**
오스트레일리아 남부 사우스오스트레일리아 주의 플린더스 산맥 북쪽에 펼쳐진 구릉지대이다.

**해석** 창의 · 인성

1 싸이클로메두사와 디킨소니아의 화석 무늬의 특징을 서로 비교하여 설명해 보자.

2 싸이클로메두사와 디킨소니아의 당시 모습을 상상하여 그려 보자.

3 최근 연구된 진화의 증거를 조사해 보자.

에디아카라 동물군은 6억 3,000만~5억 4,200만 년 전에 살았던 동물군이며, 이 시기는 생물이 폭발적으로 증가한 고생대 캄브리아기의 직전에 해당한다. 이제까지 선캄브리아 시대에는 단세포 생물만 살았고, 다세포의 대형 생물이 나타나지 않았다고 믿고 있었다. 하지만 에디아카라 동물군 화석을 통해 고생대가 시작되기 전에 이미 다양한 대형 다세포 생물이 살았다는 것을 알 수 있다.

**에디아카라 동물군 화석 발견의 의의** 단세포 생물이 지배하던 시기에 지구 상에 나타난 이 생물들을 통해 조건만 갖추어진다면 비교적 짧은 시간에도 원시적인 생물이 복잡한 생물로 진화할 수 있음을 보여 준다.

3. 생물의 진화 279

## 탐구 활동 자료 해석

**| 목표 |**

에디아카라 동물군 화석을 비교하여 진화의 증거를 설명할 수 있다.

**효과적인 운영을 위한 Tip**

1 선캄브리아대 말기의 지층에서 발견된 생물들을 에디아카라 동물군이라고 부른다는 것을 설명한다.

2 자료를 해석하는 과정에서 창의적인 생각을 이끌어 낸다.

**| 해석 | 창의 · 인성**

1 싸이클로메두사는 방사 대칭이고 디킨소니아는 좌우 대칭이다.

2 싸이클로메두사와 디킨소니아는 화석의 무늬와 같은 외형을 가지며, 해파리와 같이 유연한 몸체로 되어 있었을 것이다.


에디아카라 동물군 상상도

3 예시_ 2002년에 아프리카에서 두개골 화석(투마이의 두개골 화석)이 발굴되었다. 이 두개골은 700만 년 전에 살았던 원인의 것이었으며, 이제까지 화석에서 발견된 원인과 구조가 유사하였다. 그러나 치아의 구조는 이전의 원인과는 매우 달랐고, 오히려 현재의 인류와 유사하였다. 이처럼 새로운 화석을 통해 얻은 정보들이 속속 쌓이면서 인류의 진화는 단순한 과정이 아니라 훨씬 복잡한 과정을 거쳐 이루어졌다는 것이 분명해지고 있다.

### ❀ 화석의 종류

(1) **표준 화석** 생존 기간이 짧아 특정한 지층에만 발견되므로 그 지층의 생성 시기를 알려 주는 화석을 말한다. 예 삼엽충(고생대), 암모나이트(중생대), 매머드(신생대)

(2) **시상 화석** 지층이 생성될 당시의 환경과 기후를 추정하는 데 기준이 되는 화석을 말한다. 예 산호(따뜻한 바다), 고사리(온난 습윤 기후)


암모나이트 화석


고사리 화석

### ❀ 진화의 방향

일반적으로 수중 생활에서 육상 생활로, 간단한 구조에서 복잡한 구조로, 하등한 생물에서 고등한 생물로 진화하여 종이 다양화되었다.

## 과학 돋보기



### ❀ 해부학적 증거

여러 생물의 형태적 특징이나 구조적 특징을 비교해 보면 생물이 진화해 온 과정을 알 수 있다.

(1) **상동 기관** 새와 박쥐의 날개, 고래의 가슴지느러미, 고양이와 말의 앞다리, 사람의 팔 등과 같이 발생 기원은 같지만 모양과 기능이 다른 기관을 상동 기관이라고 한다. 상동 기관은 공통의 조상으로부터 생긴 다음, 각각 살고 있는 환경에 적응하면서 서로 다른 방향으로 진화되었음을 보여 준다.

(2) **상사 기관** 새의 날개와 곤충의 날개처럼 그 기능은 같으나 발생 기원이 다른 기관을 상사 기관이라고 한다. 상사 기관은 발생 기원은 달라도 비슷한 환경에서 오랫동안 생활하면서 형태나 기능이 유사하게 진화되었다는 것을 보여 준다.

(3) **흔적 기관** 동물의 기관 중 조상에게는 필요했으나, 환경이 생활 방식이 달라지면서 점차 퇴화되어 그 흔적만 남아 있는 기관을 흔적 기관이라고 한다. 사람의 막창자꼬리, 동이근, 꼬리뼈, 사랑니, 타조의 날개, 두더지의 눈 등이 흔적 기관의 예이다.

**➕참고 자료** **미토콘드리아의 모계 유전**

다른 세포 소기관들과 다르게 미토콘드리아는 37개의 유전자로 이루어진 독자적인 DNA를 가지고 있는데, 미토콘드리아가 모계 유전되는 것은 수정 과정의 특징 때문이다. 난자와 정자는 모두 미토콘드리아를 가지고 있는데, 정자가 150여 개의 미토콘드리아를 가지는 데 반해, 난자는 30만여 개의 미토콘드리아를 가지고 있다. 수정을 하면 정자가 가지고 들어온 미토콘드리아는 난자에 의해 모두 파괴된다. 그 결과 수정란에는 난자의 미토콘드리아만 남게 된다.

**해부학적 증거**

고양이의 다리를 손으로 잡았을 때 사람의 팔과 닮았다고 생각하는 사람은 없을 것이다. 그러나 사람의 팔과 고양이의 다리는 뼈의 배열 상태가 매우 비슷하다. 이처럼 형태와 기능은 달라도 기본 구조가 비슷한 기관을 **상동 기관**이라고 한다. 상동 기관은 같은 조상에서 유래한 생물들이 각각 살고 있는 환경에 적응하면서 서로 다른 방향으로 진화했다는 증거가 된다.




그림 Ⅵ-22 **상동 기관**_ 척추동물의 앞다리 뼈는 모두 공통의 기본형에서 출발하였으나 각각 살고 있는 환경에 적응하면서 형태와 기능이 달라졌다.

독수리와 잠자리는 공통으로 날개를 갖고 있지만 두 날개의 발생 기원이 다르다. 이들의 날개와 같이 발생 기원과 기본 구조는 다르지만, 형태와 기능이 유사한 기관을 **상사 기관**이라고 한다. 상사 기관은 다른 조상으로부터 유래하였지만 같은 환경에 오랫동안 적응하면서 기관의 형태와 기능이 유사한 방향으로 진화했다는 증거가 된다.




그림 Ⅵ-24 영장류 중 가장 큰 종인 고릴라

그림 Ⅵ-23 상사 기관

**생화학적 증거**

이전에는 생물의 형태나 내부 구조 등을 비교하여 진화의 증거를 찾았으나, 최근에는 생물학이 발달하면서 생물체를 구성하는 유전자나 단백질 등의 생화학적 특성이 진화의 새로운 증거가 되고 있다. 예를 들어 사람과 가장 가까운 동물 무리인 영장류의 유전자를 조사해 보면 사람의 유전자와 매우 유사하다. 이와 같이 유전자와 단백질의 구조를 분석하면 진화가 어떻게 이루어졌는지를 알 수 있다.

280 Ⅵ. 유전과 진화

## 학습 자료실

### ❀ 생화학적 증거

생명체를 구성하는 물질의 특성을 비교해 보면 생물의 진화 과정을 알 수 있다. 즉, 유연관계가 가까운 생물일수록 DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열이 비슷하다.

(1) **DNA의 염기 서열** 생물이 진화하는 동안 발생한 돌연변이는 유전자의 염기 서열에 축적되므로 두 종이 공통 조상으로부터 갈라진 후 시간이 많이 지날수록 두 종 간의 유전자의 염기 서열의 차이가 커진다.

① DNA의 염기 서열을 분석하면 사람과 침팬지는 2.5 % 정도 차이가 나는 반면, 구세계원숭이와는 침팬지보다 그 차이가 더 크게 난다.

② DNA 분자를 이루는 염기 중에서 구아닌(G)과 시토신(C)이 차지하는 비율을 GC %라고 하는데, 같은 종의 생물은 GC %가 일정하다. 세균과 같이 오래전에 나타난 생물일수록 돌연변이가 많이 일어나서 같은 세균이라 하더라도 GC %의 비율이 25~75 %로 차이가 크다. 그러나 고등 생물은 GC %가 약 50 %로 일정하다. 이것은 그만큼 돌연변이가 적게 일어났기 때문이라고 생각된다.

## 지리적 분포에 의한 증거

사막이나 산맥, 바다와 같이 생물의 이동이 막힌 곳을 경계로 생물의 분포가 달라질 수 있다. 한편, 다른 지역에서 볼 수 없는 독특한 생물이 특정 지역에서만 사는 경우도 있다. 이는 과거에 같은 종이었던 생물이 지리적으로 격리되어 다른 환경에 적응하면서 각각 다른 방향으로 진화한 것이라고 추정할 수 있다.

월리스는 인도네시아의 발리 섬과 롬복 섬 사이를 경계로 양쪽에 서식하는 동물의 종류가 다른 것을 발견하였다. 그는 서쪽을 동남아시아구, 동쪽을 오스트레일리아구로 나누어 생물 분포선을 그었는데, 이 경계선을 **월리스선**이라고 한다. 오스트레일리아구에는 동남아시아구와는 달리 오리너구리나 캥거루와 같이 태반이 발달하지 않은 동물이 서식한다. 이처럼 두 지역이 차이 나는 것은 과거에 판 구조에 의해 서로 멀리 떨어져 있어서 독자적으로 진화해 왔기 때문이라고 여겨진다.




❸ 그림 Ⅱ-25 월리스선_ 동남아시아구에는 원숭이나 여우 등 태반이 발달한 동물이 서식하고, 오스트레일리아구에는 오리너구리나 캥거루 등 태반이 발달하지 않은 동물이 서식한다.

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- |
| 기본 구조가 달라도 형태와 기능이 유사한 기관을 무엇이라고 하는가? | 히말라야 산맥의 지층에서 산호나 조개 화석이 발견된다고 한다. 히말라야 산맥의 지층이 형성될 때의 환경에 대하여 생각해 보자. |

3. 생물의 진화 281

(2) **혈청 단백질의 조성** 사람의 혈청을 토끼에게 주사하여 얻은 항체를 다른 동물의 혈청과 섞으면 항체가 혈청 속의 단백질과 결합하여 침전 반응이 일어난다. 이때 각 동물의 혈청 속의 단백질이 사람의 혈청 단백질과 유사할수록 침전 속도가 빠르고 침전량도 많아지는데, 이것은 유연관계가 가까울수록 혈청 단백질의 성질이 비슷하여 항원 항체 반응에 의한 응집량이 많아지기 때문이다.

(3) **단백질의 아미노산 서열** 생물체를 구성하는 단백질의 아미노산 서열은 유전자에 의해 결정되므로 같은 기능을 하는 단백질의 아미노산 서열을 비교, 분석하면 생물 간의 유연관계를 밝힐 수 있다.

(4) **헤모글로빈의 아미노산 서열에 따른 유연관계** 척추동물의 헤모글로빈은 생물종이 다르더라도 그 구조가 비슷하며, $\alpha$사슬 2개와 $\beta$사슬 2개로 모두 4개의 폴리펩타이드 사슬로 이루어져 있다. 이 중에서 하나의 $\beta$사슬은 146개의 아미노산으로 구성되어 있는데, 사람과 유연관계가 가까운 종일수록 아미노산의 배열 순서가 비슷하다.




### ❀ 지리적 분포에 의한 증거

(1) 지역에 따른 생물의 분포 양상을 조사해 보면 산맥이나 하천, 바다 등을 경계로 생물상이 달라지는 것을 알 수 있다.

(2) 오스트레일리아와 자메이카에는 유럽이나 아시아, 아프리카에서는 거의 발견되지 않는 유대류(캥거루, 코알라 등)가 서식하고 있다. 이것은 태반 포유류가 진화되기 전에 대륙이 분리되어 유대류가 태반 포유류와 경쟁하지 않고 진화할 수 있었기 때문이다.

### | 관련 지식 |

### ❀ 오리너구리

동부 오스트레일리아와 태즈메이니아의 호수와 냇가에만 서식하는데, 넓적하고 탄력 있는 주둥이를 가졌으며 알을 낳는다. 몸은 땅딸막하며, 짧고 벌어진 다리와 물갈퀴가 있는 발, 납작한 꼬리를 갖고 있다. 오리너구리는 주로 물속의 진흙에서 주둥이로 먹이를 찾아내며, 갑각류, 연체동물, 올챙이 등을 먹는다.



❷ 오리너구리

### 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

상사 기관_ 예를 들어 독수리의 날개는 앞다리가 변한 것이고, 잠자리의 날개는 표피가 변한 것이다.

▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

히말라야 산맥의 지층이 형성될 때는 산호나 조개 등이 서식하는 바다였음을 알 수 있다.

# 3-2 진화설

## | 학습 내용 안내 |

(1) 용불용설을 이해하고 기린의 목이 길어진 이유를 용불용설로 설명한다.
(2) 다윈의 자연선택설에 의한 진화 과정을 이해한다.
(3) 다윈 이후에 나타난 돌연변이설과 격리설을 안다.
(4) 오늘날의 진화론을 통해 생물의 진화 과정을 이해한다.

## | 학습 전개 |

기린의 목이 길어진 이유를 용불용설로 설명하게 하고, 문제점을 파악하게 한다.



기린의 목이 길어진 이유와 흰색과 검은색 후추나방의 변화를 자연선택설로 설명하게 한다.



다윈 이후의 진화설을 설명하게 하고, 오늘날의 진화론으로 새로운 종이 출현하여 함께 서식하게 되는 과정을 설명하게 한다.

Ⅵ. 유전과 진화

# 3-2 진화설



**학습 목표**

- 생물의 다양성을 진화와 관련하여 설명할 수 있다.

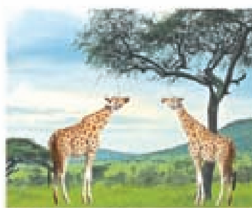
태국의 카렌 족은 목이 긴 여자를 미인으로 여긴다. 그래서 미인이 되기 위해 카렌 족의 여인들은 어릴 때부터 동으로 된 목걸이를 걸기 시작하고, 목걸이의 수를 늘려 가면서 목이 길어지게 한다. 이처럼 후천적으로 목이 길어진 여자가 낳은 자녀는 목이 길까?

### 다윈 이전의 진화설

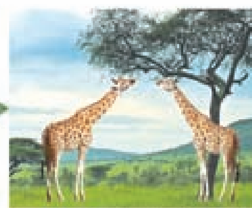
진화설을 최초로 체계화하여 설명한 사람은 프랑스의 라마르크이다. 1809년 라마르크는 현존하는 생물들이 다양해진 이유는 진화의 과정을 거쳤기 때문이라고 설명하였다. 그는 자주 사용하는 기관은 발달하여 다음 세대로 유전되고, 사용하지 않는 기관은 퇴화한다는 **용불용설**을 주장하였다.

**인물** 라마르크(Lamarck, J. B. P. A. : 1744~1829) 프랑스의 진화학자이며, 용불용설을 주장하였다.

라마르크의 주장에 따르면, 원래 기린은 목이 짧았지만 높은 나무의 잎을 따 먹기 위해 목을 자주 사용하게 되면서 지금과 같이 목이 길어지게 되었다고 설명하였다.



원래 기린의 목은 짧았다.



높은 나무의 잎을 먹기 위해 목을 자주 사용하였다.



기린의 목이 길어졌다.

그림 Ⅵ-26 라마르크의 용불용설




이처럼 후천적으로 획득한 형질이 유전된다는 라마르크의 생각은 오늘날 잘못된 것으로 밝혀졌다. 하지만 라마르크의 용불용설은 환경 변화에 따라 생물이 변화한다는 사실을 처음으로 제시함으로써 다윈의 자연선택설 연구에 영향을 주었다.

282 Ⅵ. 유전과 진화





## | 관련 지식 |

❀ **획득 형질**

생물이 살아가는 동안 환경이나 생활 습관에 의해 얻어지는 형질을 말한다. 예를 들면 단련에 의해 발달된 근육이나 훈련에 의해 익힌 기술 등으로서, 획득 형질은 당대에만 나타나며 유전되지 않는다.

**찾아보기**

- 진화란 무엇인가(2008), 에른스트 마이어 저, 임지원 역, 사이언스북스
- 다윈 종의 기원(2009), 찰스 로버트 다윈 저, 송철용 역, 동서 문화사

❀ **라마르크의 용불용설**

(1) **라마르크(Lamarck, J. B. P. A. ; 1744~1829)** 프랑스의 박물학자로서, 처음으로 생물의 진화에 대하여 체계적으로 설명하였다.

(2) **라마르크의 용불용설** 라마르크는 한 종이 다른 종으로 변할 뿐만 아니라 인간도 다른 종으로부터 생겼다고 제안하였으며, 점진적인 발달을 통해 고등 동물로 변화하였다고 주장하였다. 1809년 "동물 철학"이라는 책을 통해 '동물은 생활 환경이 변하면 습성이 변하고, 그 결과 새로운 습성에 따라 사용하는 기관은 더 발달하고, 사용하지 않는 기관은 퇴화한다.' 라는 용불용설을 주장하였다.

라마르크는 후천적으로 얻은 획득 형질이 유전을 통하여 다음 세대로 전달됨으로써 진화가 일어난다고 설명하였다. 하지만 유전학에서 획득 형질은 유전되지 않는다는 것이 밝혀짐으로써 그의 학설은 오늘날에는 받아들여지지 않고 있다. 그러나 생물학에 진화의 개념을 도입한 라마르크의 공로는 높이 평가받고 있다. 그리고 생물이 자연환경과의 관계를 통해 진화한다는 생각을 도입함으로써 다윈의 학설이 발전할 수 있는 길을 열어 주었다.

## 다윈의 자연선택설

다윈은 1859년 "자연선택에 의한 종의 기원에 관하여"라는 책에서 **자연선택설**을 주장하였다. 생물은 많은 자손을 남기며, 그 개체들은 제각기 다른 특성을 가진다. 개체의 수가 많아지면 먹이와 생활 공간이 부족해지기 때문에 이들은 생존을 위한 경쟁을 하게 된다. 이때 조금이라도 유리한 형질을 가진 개체가 환경에 잘 적응하여 살아남게 되는데, 이것을 **적자생존**이라고 한다. 반면, 잘 적응하지 못한 개체는 도태되는데, 다윈은 생존과 도태를 자연이 선택해 준다고 설명하였다.

다윈은 기린의 목이 길어진 까닭을 자연선택설로 설명하였는데, 이것은 라마르크의 용불용설과는 매우 대조적이다. 그는 목의 길이가 다양한 기린 중에 목이 긴 기린이 높은 나무의 잎을 따 먹기에 유리하여 살아남게 되었고, 이러한 과정이 반복되어 지금처럼 목이 길어지게 되었다고 설명하였다.





오랜 과거의 기린은 목의 길이가 다양하였다. / 먹이 경쟁이 일어난다. / 지금과 같이 기린의 목이 길어졌다.

그림 Ⅵ-27 다윈의 진화설

서아프리카 핀치새는 부리의 크기가 다양한데, 부리가 작은 것과 큰 것이 중간 크기인 것보다 많이 분포한다. 이러한 현상은 다윈의 자연선택설로 잘 설명할 수 있다. 이 핀치새가 사는 곳에는 먹이가 풍부하지 않으며, 늪지 식물의 씨가 주요한 먹이이다. 늪지 식물은 두 종이 있는데, 한 종의 씨는 단단하고, 다른 종의 씨는 부드럽다. 큰 부리를 가진 핀치새는 단단한 씨앗을 쉽게 깰 수 있어 먹이 섭취에 유리하고, 작은 부리를 가진 핀치새는 중간 부리나 큰 부리의 핀치새보다 부드러운 씨앗을 더 효율적으로 먹을 수 있다.

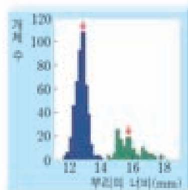



그림 Ⅵ-28 핀치새의 부리_작은 부리와 큰 부리의 핀치새가 자연선택된다.

큰 부리와 작은 부리를 가진 핀치새는 먹이를 효율적으로 먹을 수 있지만, 중간 크기의 부리를 가진 핀치새는 먹이를 제대로 먹지 못하게 된다. 부리가 작은 것과 큰 핀치새는 환경에 잘 적응하여 자연선택되고, 잘 적응하지 못한 중간 크기의 부리를 가진 핀치새는 도태된 것이다.



### 역사 속의 과학

❀ **다윈의 종의 기원**

1859년 다윈은 그의 이론을 완결한 "자연선택에 의한 종의 기원에 관하여"라는 책을 발표하였다. 이 책은 그가 '비글호'를 타고 전 세계를 탐사하면서 수집한 자료들을 분석하고 해석하여 진화에 대하여 과학적이고 체계적인 증거를 제시한 첫 출판물이었다.

당시에는 성경에 나오는 창조에 관한 이야기가 종의 다양성을 설명하는 유일한 방법이었다. 그러나 "자연선택에 의한 종의 기원에 관하여"의 출간으로 인류의 본질에 대한 생각은 새로운 시대를 맞이하게 되었다.

이 책이 그 당시 사회에 미친 영향은 제1쇄가 발행된 당일(1859년 11월 24일)에 모두 팔려 나간 것을 보아도 짐작할 수 있다. "자연선택에 의한 종의 기원에 관하여"는 세계를 뒤흔든 책으로 불리며, 인류의 미래와 인구 폭발, 생존을 위한 투쟁, 인류의 목적과 우주, 자연에서의 인류의 위치 등에 대한 토론은 모두 다윈의 진화설에 근거한다.

❀ **다윈의 자연선택설**

**(1) 자연선택설에 의한 진화 과정**

① **과잉 생산:** 생물은 그들이 살고 있는 환경이나 먹이의 양에 비하여 많은 수의 자손을 낳는다. 또한 개체들 사이에는 형태나 습성, 기능 면에서 조금씩 다른 개체 변이가 있다.

② **생존 경쟁:** 자손의 과잉 생산으로 개체 수가 많아지면 생물들 사이에는 먹이나 서식 공간을 더 많이 확보하려는 생존 경쟁이 일어난다.

③ **적자생존과 자연선택:** 생존 경쟁이 일어나면 환경에 가장 잘 적응된 유리한 형질을 가진 개체가 살아남고 불리한 것은 도태된다. 즉, 생존에 유리한 형질은 자연에 의해 선택된다.

④ **종의 다양화:** 자연선택을 통해 생존 경쟁에서 살아남은 개체의 형질이 자손에게 전달되고, 이러한 과정이 대를 거듭하는 동안 형질이 누적되어 진화가 일어나고 생물종이 다양해진다.

**(2) 자연선택설의 문제점** 다윈은 변이의 원인이 무엇이고 개체 변이가 어떻게 유전되어 누적되는가에 대한 해답을 정확하게 제시하지 못하였다. 그러나 자연선택에 의한 진화는 현대 진화론의 토대가 되었다.

### 관련 지식

❀ **개체 변이**

같은 계통이나 종류에서 개체마다 차이가 있는 것을 개체 변이라고 한다. 원래 개체 변이라고 하면 유전되거나 유전되지 않는 변이를 통틀어 말하지만, 돌연변이에 대응해서 사용될 때에는 방황 변이의 의미로 쓰인다. 방황 변이란 유전자의 조성에 의해 나타나는 변이가 아니라 그 생물 당대에서 끝나면서 유전되지 않는 변이를 말한다.

❀ **인위 선택**

다윈은 농산물과 가축의 품종 개량을 위해 농부들이 특정 형질을 선택하여 교배시키는 것을 보고 인위 선택이라고 불렀으며, 이 원리를 자연선택의 이론에 적용시켰다. 인위 선택은 생물 스스로에게 유익하기보다는 인간의 경제적 또는 심미적 관점에서 인간이 원하는 방향으로 유전적 변이가 조작된다는 점에서 자연선택과 구분된다.



### 아리스토텔레스의 '자연의 사다리'

고대 그리스의 철학자인 아리스토텔레스는 '생물은 다른 종류와 관계없이 각각 독립적으로 존재한다.' 라고 생각하였다. 또한 '자연계는 계급으로 이루어져 있어 각 생물종은 사다리의 특정 가로대에 놓이며, 오랜 세월이 지나도 변하지 않는다.' 라고 주장하였다. 이와 같이 생물종이 불변한다는 생각은 2000년 동안 아리스토텔레스의 철학 속에 확고히 자리 잡게 되었다.

**참고 자료** 살충제 살포와 자연선택

해충 퇴치나 식량 증산을 위해 살충제를 사용하면 처음에는 적은 양으로도 해충을 효과적으로 죽일 수 있다. 그러나 해충 중 일부는 살충제에 대한 내성을 지닌 유전자를 가지고 있을 수 있다. 이런 해충은 살충제를 뿌린 후에도 살아남게 된다. 이후 지속적으로 살충제를 뿌리게 되면 내성을 지닌 개체가 살아남을 가능성이 높아지면서 나중에는 살충제를 뿌려도 죽지 않는 집단이 나타나게 된다. 즉, 살충제가 곤충 집단에게 자연선택이 일어나도록 작용한 것이다.

이러한 자연선택의 또 다른 예로서, 특정 항생제에 면역력을 가진 슈퍼박테리아의 등장을 들 수 있다.



### 다윈 이후의 진화설

(1) **정향 진화설** 아이머(Eimer, T.)는 화석 생물의 형질 변화를 연구하여 생물의 진화는 환경의 변화와 관계없이 내적인 요인에 의해 항상 일정한 방향으로 일어난다는 정향 진화설을 주장하였다. 그러나 이것은 내적인 요인이 무엇인지를 설명하지 못하는 단점이 있다. 예 코끼리의 크기와 코의 길이

**다윈 이후의 진화설**

**더프리스**(de Vries, H. : 1848~1935)
멘델 법칙을 재발견하였으며, 달맞이꽃 교배 실험으로 돌연변이설을 발표하였다.

네덜란드의 더프리스는 달맞이꽃을 재배하던 중 그때까지 볼 수 없었던 큰 키와 꽃이 큰 왕달맞이꽃을 발견하였다. 그는 이것을 십여 년 동안 계속 자화 수분시킨 결과 여러 종류의 달맞이꽃을 얻을 수 있었다. 더프리스는 이러한 결과를 통해 돌연변이에 의해 생물이 진화한다는 **돌연변이설**을 발표하였다.



그림 Ⅵ-29 달맞이꽃



그림 Ⅵ-30 왕달맞이꽃

생물은 모든 개체에서 돌연변이가 일어날 수 있으며, 그중에서 환경에 잘 적응한 개체가 살아남아 자손을 퍼뜨리게 된다. 이렇게 여러 세대를 지나면 조상과는 다른 새로운 종이 형성되므로 돌연변이는 진화의 한 요인이 될 수 있다는 것이다. 돌연변이설은 자연선택설에서 다윈이 설명하지 못한 변이의 원인을 잘 설명해 주었으며, 20세기 이후 진화와 유전 연구에 커다란 영향을 끼쳤다.

**격리설**이란, 원래 같은 종인 생물이 지리적 또는 생식적으로 오랜 세월 동안 떨어져 있게 되면 각각 다른 종으로 진화한다는 주장이다. 갈라파고스 제도의 갈라파고스핀치나 오스트레일리아의 캥거루 등과 같이 대륙에서 멀리 떨어진 섬에는 대륙에는 없는 특이한 생물이 서식하고 있는 것이 격리설의 좋은 예이다.




그림 Ⅵ-31 갈라파고스핀치_ 먹이의 종류에 따라 부리가 여러 가지 모양으로 진화하였다.

284 Ⅵ. 유전과 진화

(2) **교잡설** 로치(Lotsy, J. P.)는 교잡으로 만들어진 잡종에 의해 새로운 종이 형성된다는 교잡설을 주장하였다.

(3) **생식질 연속설** 1892년 독일의 바이스만(Weisman, A.)은 다윈이 주장한 변이의 유전에 대한 설명이 불충분하다는 것을 지적하고, 체세포에 생긴 변이는 유전되지 않고 생식세포에 생긴 변이만 유전된다고 주장하였다.

(4) **돌연변이설** 1900년 네덜란드의 더프리스(de Vries, H.)는 달맞이꽃에서 돌연변이 개체가 유전되는 것을 발견하고, 이러한 돌연변이에 의해 새로운 종이 형성되어 진화가 이루어진다고 주장하였다. 그러나 돌연변이는 생식세포의 유전자에 일어나야 하며, 자주 일어나는 것이 아니고 대부분 생존에 불리한 쪽으로 일어난다. 따라서 돌연변이만으로는 진화를 설명하기 어렵지만 진화의 요인으로서 매우 중요하다.

(5) **격리설** 로마네스(Romanes, G. J.)와 바그너(Wagner, M. F.)는 환경적인 격리가 진화의 요인이 된다는 격리설을 주장하였다. 격리에는 바다, 산맥, 사막 등에 의한 지리적 격리와 생식 기관이나 생식 시기의 변화에 따라 교배가 불가능하게 되는 생식적 격리가 있다.

**오늘날의 진화론**

현대의 진화론은 다윈의 자연선택의 개념에서 시작하여 멘델 법칙의 발견, 20세기 초 집단 유전의 성과 등을 종합한 것으로서, 1936년부터 1947년까지 약 10년에 걸쳐 형성되었다.

오늘날의 진화론에 따르면 돌연변이에 의해 새로운 형질을 나타내는 대립 유전자가 끊임없이 만들어지고, 여기에 자연선택이 가해져 형질의 진화가 일어난다. 또한 격리된 집단에 자연선택이 반복적으로 일어나면 두 집단이 새로운 종으로 분화된다고 설명한다.

그림 Ⅵ-32 오늘날의 진화론




**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

라마르크가 주장한 용불용설은 현재 인정받지 못하고 있다. 그 이유는 무엇인가?

**과학과 기술, 사회 연관 짓기**

슈퍼박테리아는 항생제로도 제거할 수 없다고 한다. 슈퍼박테리아가 출현한 이유를 진화설을 이용하여 설명해 보자.

3. 생물의 진화 285

### ❀ 오늘날의 진화론

다윈 이후의 진화설들은 생물 진화의 요인에 대한 부분적인 설명은 가능했지만 생물 진화의 전체적인 모습을 체계적으로 설명하지는 못하였다. 왜냐하면 당시에는 유전자에 대한 지식이 부족하였기 때문이다. 그러나 얼마 후 멘델 법칙이 재발견되고 유전학이 급속하게 발전하면서 유전과 돌연변이의 본질이 밝혀지고, 생물학의 여러 분야에서 새로운 연구 성과가 집적됨으로써 진화의 과정 및 요인에 관한 연구가 비약적으로 진행되었다.

1940년대에 생물학자들은 유전학과 자연선택을 기초로 하여 진화의 원리로 돌연변이, 교잡, 격리 등을 종합적으로 생각하는 오늘날의 진화론을 설명하였다. 오늘날의 진화론에 따르면 돌연변이와 유전자 재조합 등으로 변이가 일어나고, 이 변이들이 자연선택과 격리, 교잡 등의 과정을 거쳐 종의 분화가 일어나는데, 이러한 종의 분화는 종을 구성하는 집단 전체가 조금씩 변해서 일어난다는 것이다. 오늘날에는 진화가 개체를 중심으로 한 변화와 동시에 종을 구성하는 집단 전체의 변화에 의해 일어난다고 보고 있으며, 집단 유전학을 통해 진화의 요인을 분석하고 있다. 집단 유전학에서는 진화가 오랜 세월에 걸쳐 일어나는 유전적 변화이므로 생명이 유한한 개체보다는 연속성이 있는 집단을 대상으로 유전적인 변화를 밝히는 것이 타당한 것으로 받아들여지고 있다.

**심화 학습** **집단 유전학과 진화**

**(1) 집단 유전학**

자연 상태에서 교배가 가능한 개체로 이루어진 무리를 집단이라고 한다. 집단 유전학은 생물 집단을 대상으로 집단의 유전적 구성과 그것의 유지 및 변화 과정을 연구하는 유전학의 한 분야이다.

**(2) 유전자풀**

한 집단의 모든 개체가 가지고 있는 유전자 전체를 유전자풀이라고 한다. 즉, 유전자풀은 집단의 유전적 특성을 나타내며, 집단이 다르면 유전자풀도 다르다.

**(3) 집단 유전학에서의 진화**

한 개체가 가지는 유전자는 생식을 통해 다른 개체의 유전자와 섞여 다음 세대로 전달되므로 유전자풀 내에서 어떤 대립 유전자의 상대적인 비율은 세대가 지나면서 변할 수 있다. 따라서 집단 유전학에서 진화란 유전자풀을 구성하는 대립 유전자의 빈도에 변화가 일어난 것을 뜻한다. 이것은 한 집단의 유전자풀이 시간의 흐름에 따라 어떻게 변하는지 그 원인을 알아낼 수 있다면 그 집단이 어떻게 진화하고 있는지도 알 수 있다는 것을 의미한다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

라마르크는 후천적으로 획득한 형질이 유전된다고 하였지만 사실은 유전되지 않는 것으로 밝혀졌기 때문이다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

기존의 항생제로 제거되지 않는 새로운 형질을 가진 슈퍼박테리아는 돌연변이에 의해 출현하였다.

# 4-1 생물의 분류 방법

## | 학습 내용 안내 |

(1) 생물학적 종의 의미를 안다.

(2) 분류 단계를 이해하고, 이명법의 구성을 안다.

(3) 계통수에 대하여 이해하고, 생물을 크게 5계로 분류함을 안다.

## | 학습 전개 |

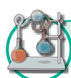
생물학적인 종의 개념을 이해하게 하고, 분류의 방법과 분류 형질의 특징을 설명하게 한다.



생물의 분류 단계를 이해하게 하고, 이명법의 구성을 설명하게 한다.



계통과 계통수의 개념을 이해하게 하고, 생물의 5계 분류를 설명하게 한다.



## 학습 자료실

### ❀ 생물 다양성

지구 상의 생물종의 다양성, 생물이 서식하는 생태계의 다양성, 생물이 지닌 유전자의 다양성을 총체적으로 지칭하는 말이다.

(1) **종 다양성** 　한 지역 내의 종의 다양한 정도를 말하며, 분류학적 다양성을 지칭한다.

(2) **생태계 다양성** 　한 생태계에 속하는 모든 생물과 무생물의 상호 작용에 관한 다양성을 말한다.

(3) **유전적 다양성** 　종 내의 유전자 변이를 말한다.

**찾아보기**

• 린네가 들려주는 분류 이야기(2010), 황신영 저, 자음과 모음

# 4-1 생물의 분류 방법



**학습 목표**

• 분류의 목적과 기준을 생물의 다양성과 관련하여 설명할 수 있다.

슈퍼마켓이나 도서관에는 물건이나 책이 종류별로 분류되어 있다. 그래서 사람들은 필요한 물건이나 책을 쉽게 찾을 수 있다. 이처럼 지구에 살고 있는 다양한 생물에 대한 정보도 잘 분류해 놓으면 생물을 연구하거나 이용하기에 편리하다. 생물을 분류하는 기준과 방법에는 어떤 것이 있을까?

### 종

진돗개와 불도그, 고양이를 비교해 보면 각각의 특징들이 있어 전혀 다른 무리로 생각될 수도 있다. 그런데 진돗개와 불도그는 같은 무리인 '개'라고 부르며, 고양이와 다르게 취급한다.

이처럼 생물을 분류하는 기본 단위를 **종**이라고 한다. 종의 개념은 스웨덴의 식물학자인 린네에 이르러 그 개념이 체계화되었다. 린네는 개체의 형태에 중점을 두어 종을 정의했으며, 종의 기준이 되는 개체와 외부 형태가 유사한 개체들을 같은 종으로 분류하였다. 형태를 기준으로 하는 종의 개념은 종이 불변한다는 생각과 함께 상당히 오랫동안 사용되었다.



❶ 그림 Ⅵ-33 잠자리와 잠자리의 유충_ 같은 종이지만, 발생 단계에 따라 모양이 많이 다르다.

그러나 생물은 환경 조건이나 발생 단계에 따라 같은 종이라도 모양이 크게 다른 것들이 있으므로 형태적인 특징으로 종을 정의하기 곤란한 경우도 있다.

현대의 종이란 생물학적 종을 말하며, 이것은 생식적으로 독립된 자연 집단으로서, 비슷한 형태적 특징을 가진 무리를 의미한다. 즉, 생식을 통해 자손을 얻을 수 있고, 그 자손이 계속 생식 능력을 가질 때 이 생물학적 종을 하나의 종으로 정의하고 있다.

### 분류 방법

예전부터 사람들은 생물을 여러 가지 기준으로 분류해 왔다. 사람이 생물을 어떻게 이용하느냐에 따라 식용 생물과 약용 생물 등으로 분류하였으며, 서식지에 따라 해양 생물과 육상 생물 등으로 분류하였다. 이러한 분류 방식은 생물 자체를 기준으로 한 것이 아니라 사람의 편의에 따른 분류라고 할 수 있다.

288 Ⅵ. 유전과 진화





## 과학 돋보기

### ❀ 종의 개념

**(1) 과거의 종 개념**

① 린네(Linné, C. von ; 1707~1778)는 생물의 외부 형태를 중요시하여 하나의 표준 종을 정하고, 그것과 유사한 특징을 갖는 개체들을 모두 같은 종으로 분류하였다.

② 린네는 다른 개체들과 뚜렷하게 구별되는 몇 가지 공통적인 형태적, 구조적 특징을 갖는 개체들의 집단을 형태적 종이라고 하였다. 그러나 올챙이와 개구리처럼 유생 시절과 성체 시절의 형태가 뚜렷하게 차이가 나거나 겉모습이 다양한 종의 경우 형태적 차이로 구별하기에는 한계가 있다.

**(2) 현대의 종 개념**

① 20세기에 들어와서 생물의 형질은 유전자에 의해 결정되며, 유전자는 생식 과정을 통해 자손에게 전해진다는 사실이 밝혀졌다. 따라서 오늘날 종의 개념은 형태적 특징보다 자연 상태에서 상호 간의 교배를 통해 자손을 낳을 수 있는지의 여부를 더 중요시하게 되었다.

② 현대의 종 개념은 '자연 상태에서 자유롭게 교배하여 생식 능력을 가진 자손을 낳는 개체들의 집단'이라는 생물학적 종의 개념에 바탕을 두고 있다.

이처럼 생물의 기본 특성이나 다른 생물과의 연관성을 고려하지 않고 사람들의 인위적인 기준에 따른 분류를 **인위 분류**라고 한다. 반면, 생물의 내부 구조, 생식 기관의 구조, 발생 과정 등을 기준으로 생물 상호간의 유연관계나 진화의 계통에 따라 분류하는 방법을 **자연 분류**라고 한다. 지금은 과학적인 생물의 분류 방식인 자연 분류 방식을 따르고 있다.

자연 분류의 기준이 되는 생물의 형질을 **분류 형질**이라고 한다. 이러한 분류 형질은 유전이 되고, 계절이나 환경에 따라 변하지 않으며, 관찰하기 쉬워야 한다.

### 분류 단계

우리가 편지를 쓸 때 '시/도, 군/구, 읍/면, 도로명/건물 번호' 등의 단계로 주소를 쓰는 것처럼, 생물을 분류할 때에도 단계를 정해 놓으면 쉽게 분류할 수 있다.

생물을 분류해 나가면 분류 체계상 몇 가지 단계가 생기는데, 이러한 분류 단계 중 첫 번째 단계가 바로 **계**이다. 분류의 두 번째 단계는 **문**이며, 각 생물계는 각각 여러 개의 문으로 나누어진다. 그리고 문 다음으로는 **강**, **목**, **과**, **속**, **종** 등의 단계로 세분화된다.




⊙ 그림 Ⅵ-34 호랑이의 분류 단계_ 호랑이는 동물계 → 척삭동물문 → 포유강 → 식육목 → 고양이과 → 표범속 → 호랑이(종)의 단계로 분류된다.

4. 생물의 다양성과 분류 289

## ❀ 분류 방법

(1) **인위 분류**　생물의 기본적인 특징이나 다른 생물과의 연관성을 고려하지 않고 서식지나 식성 등 사람들이 정한 인위적인 기준에 따라 분류하는 방법이다. 오늘날에도 식용 식물이나 약용 식물로 분류하는 인위 분류 방식이 남아 있다. 예 약용 식물, 식용 식물, 육상 식물, 수중 식물 등

(2) **자연 분류**　생물의 외부 형태나 내부 구조, 생식 방법, 발생 과정 등 생물이 가진 고유한 특징을 기준으로 생물 상호 간의 유연관계나 진화 계통에 따라 분류하는 방법이며, 학술적인 분류 방법이다. 예 종자식물, 포자식물, 척추동물, 무척추동물 등

## ❀ 분류 단계

(1) 생물 분류의 기본 단위는 종이지만, 종의 수가 너무 많아서 직접 한 개체의 특성을 조사하여 그 생물이 어떤 종에 속하는지 찾기가 어렵다.

(2) 생물종을 쉽게 분류하기 위해 여러 생물종이 지닌 공통된 특성에 따라 몇 개의 분류 단계를 정해 두고, 상위 분류 단계부터 하위 분류 단계로 좁혀 가면 쉽고 편리하게 어떤 개체가 속하는 종을 찾을 수 있다.

## 관련 지식

### ❀ 분류의 7단계

(1) 생물을 분류할 때 분류 체계 내에 '계 > 문 > 강 > 목 > 과 > 속 > 종' 의 총 7단계를 두는데, 그 첫 번째 단계는 계이다.

(2) 분류의 두 번째 단계는 문이며, 각 생물계는 여러 개의 문으로 나뉜다.

(3) 문 이하의 단계로는 차례대로 강, 목, 과, 속, 종이 있다. 종은 분류의 마지막 단계로서, 생물 분류의 기본 단위가 된다.

(4) 계에서 종으로 갈수록 그 단계에 속하는 생물들 간의 유연관계가 가까우며, 생물들은 더욱 다양해진다.

(5) 분류를 더욱 세밀히 하고자 할 때에는 각 단계 사이에 '아' 를 붙인 중간 단계를 둔다.




### ❀ 종의 소분류

(1) **아종**　동일한 종 중에서 주로 지역적으로 일정한 차이가 나는 종의 집단을 말한다. 예 인도코끼리, 아프리카코끼리

(2) **변종**　자연 돌연변이로 인하여 2~3가지의 형질이 다르거나 분포가 다른 종의 집단을 말한다. 예 진돗개

(3) **품종**　인위적으로 형질을 개량시킨 집단을 말한다. 예 통일벼

**참고 자료** 종간 잡종

비록 종이 다르다고 해도 교배를 통해 자손을 낳을 수는 있다. 그러나 종이 다를 경우 교배를 통해 자손이 태어난다고 하더라도 이 개체는 생식 능력이 없다. 이처럼 다른 종간의 교배에 의해 생긴 잡종을 종간 잡종이라고 한다. 종간 잡종은 생식세포를 형성하기 위한 감수 분열이 제대로 일어나지 않아 불임이 될 가능성이 높다. 종간 잡종의 예로는 암말과 수당나귀 사이에서 태어난 노새가 있으며, 이들은 정상적인 생식 기관을 갖지 못하여 불임이다.

## 관련 지식

### 린네

스웨덴의 식물학자인 린네는 현대 분류의 기본 방향을 제시하였다. 린네는 원래 의사였으나 의학보다는 식물 분류에 관심이 많아 나중에는 식물학 교수가 되었다. 그는 모든 종의 현재 모습은 창조된 형태 그대로이며 불변한다고 생각하였으나, 후에 종은 변할 수 있다고 자신의 견해를 바꾼 것으로 알려져 있다.

린네는 젊은 시절부터 살아 있는 모든 것을 분류하고 이름 붙이는 일을 계속해 8,000종 이상의 식물과 4,400종이 넘는 동물을 분류하고 명명하였으며, 인간을 영장류로 분류하였다. 또한 생물의 종을 명명하기 위해 이명법 체계를 발전시켰고, 생물 분류 방식에 위계적인 체계를 사용하였다. 그의 저서 "식물의 종"과 "자연의 체계"는 식물학과 동물학 분야에서 국제적으로 학명을 사용한 공식적인 출발점으로 평가되고 있다. 린네가 세운 식물 분류 체계는 오늘날에는 대부분 수정되어 받아들여지고 있지 않지만, 그의 연구 업적은 널리 인정되고 있다.

**학명**

각 나라마다 고유의 언어를 사용하므로 같은 생물이라도 나라마다 이름이 달라서 학술 연구에 불편한 점이 많았다. 이러한 이유로 각국의 학자들은 국제 협약에 따라 생물의 이름을 공동 규약으로 만들 것을 제안하였다.

생물의 종에 붙여진 이름은 국제적 학술 명칭인 **학명**을 사용해야 한다. 학명은 기본적으로 린네가 제안했던 생물의 이름을 두 단어로 나타내는 **이명법**을 사용한다.

이명법은 속명과 종명을 반드시 쓰고, 그 다음에 명명한 사람의 이름을 쓴다. 예를 들어 사람을 이명법으로 나타내면 다음과 같다.

사람 : *Homo* (속명) *sapiens* (종명) Linné (명명자)

학명은 한 가지만 인정된다. 따라서 신종에 대한 명명은 국제 규약에 따라야 하며, 학술지에 발표하여 국제적으로 인정받아야 한다.

**학명을 표기할 때의 원칙**
- 속명과 종명은 이탤릭체로 쓴다.
- 속명의 첫 글자는 대문자로 쓰고, 종명의 첫 글자는 소문자로 쓴다.
- 명명자는 정체로 쓰며, 이름의 첫 글자만 적거나 생략할 수도 있다.

**계통수**

한 집안의 족보를 따라 거슬러 올라가 보면 그 집안의 뿌리를 알 수 있고 친척과의 관계도 파악할 수 있다. 이와 마찬가지로 자연 분류의 기준에 따라 생물을 분류하면 생물 상호간의 유연관계와 진화 계통을 알아낼 수 있다.

**유연관계** 생물의 분류에서 어느 정도로 가까운지를 나타내는 관계

오늘날의 수많은 생물들은 지구 상에 생물이 출현한 이후 다양한 환경 변화에 적응하면서 진화해 온 결과이다. 따라서 어떤 생물의 분류학적 위치는 그 생물이 진화해 온 과정과 관계가 깊다.

전통적으로 생물을 분류할 때 그림과 같이 공통적인 특징을 갖는 생물을 같은 상자에 넣어 구분하였다.

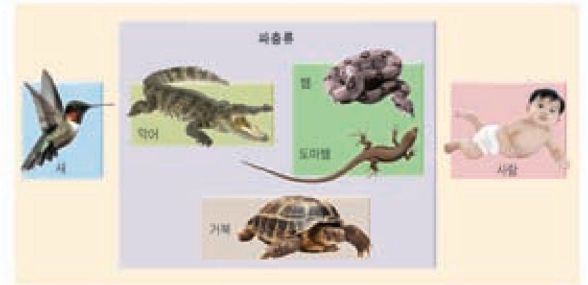



그림 Ⅵ-35 생물의 분류_ 새, 악어, 뱀, 도마뱀, 거북, 사람을 분류할 때 파충류인 악어, 뱀, 도마뱀, 거북을 같은 상자 안에 넣고, 다시 뱀과 도마뱀을 작은 상자 안에 같이 넣는다.

290 Ⅵ. 유전과 진화

### 참고 자료 DNA 분석법과 현대 분류학

현대 분류학에서는 전통적인 분류 기준 외에도 DNA 염기 서열 분석 등 다양한 현대 생물학의 방법들을 적용하여 각 분류군의 정확한 실체, 한계, 분류학적 위치, 진화의 메커니즘 및 유연관계를 규명하고 있다. 심지어 화석 속의 곤충이나 꽃가루에 포함된 특정 유전자의 DNA 염기 서열을 비교 분석하여 각 생물들 간의 계통 관계를 알아내고 있다. 이러한 방법을 통해 박물관 등에 보관되어 있는 미량의 표본을 가지고도 DNA의 추출 및 분석을 할 수 있다. 따라서 DNA 분석법은 생물을 분류하는 데 있어서 생물의 진화 정도와 계통을 연구하는 새로운 방법으로 간주되고 있다.

## 과학 돋보기

### 학명

동일한 종의 생물을 나라나 지방마다 서로 다른 이름으로 부르면 학문을 연구하는 데 불편한 점이 많다. 이러한 불편을 해소하기 위해서 나온 것이 국제적인 명명법에 따라 정해진 학명이고, 학명을 이용함으로써 특정 생물종에 대한 연구 성과를 국제적으로 교류할 수 있게 되었다. 학명은 국제적으로 통용되는 세계 공통의 생물명이다.

(1) **이명법** 현재 학명은 국제 명명 규약에 따라 린네가 창안한 이명법을 사용한다. 이명법은 그 종이 속하는 속명을 먼저 쓰고 이어서 종명을 쓰며, 끝에 명명자의 이름을 기재하는 방법이다. 학명은 라틴 어를 사용하는데, 속명은 명사이므로 첫 글자를 대문자로 쓰고, 종명은 보통 형용사이므로 첫 글자를 소문자로 쓰며, 속명과 종명 모두 이탤릭체로 쓴다. 명명자는 정체로 쓰며, 이름의 첫 글자 하나만 쓰거나 생략할 수 있다. 예 *Homo sapiens* Linné

(2) **삼명법** 종보다 하위 단계인 아종이나 변종 또는 품종을 표기할 때는 종명 다음에 그 이름을 추가하여 기재하는데, 이를 삼명법이라고 한다. 아종명이나 변종명, 품종명도 종명과 같이 첫 글자가 소문자로 시작하며, 이탤릭체로 쓴다. 예 *Felis tigris coreansis* Brass

그러나 이러한 분류 방식으로는 생물 사이의 유연관계나 진화 경로를 정확히 표현하기가 어렵다. 생물의 유연관계를 토대로 공통 조상과 여기에서 진화해 온 갈래를 나타낸 것을 **계통**이라고 하며, 이를 나무에 비유하여 나타낸 것을 **계통수**라고 한다. 계통수에서 같은 가지에 속하는 생물들은 공통 조상에서 갈라져 나온 것으로서, 다른 가지의 생물들보다 유연관계가 가깝다. 또 공통 조상은 위로 갈수록 더 늦게 출현한 것이다.

오늘날 생물학자들은 다양한 종들을 비교하여 계통적으로 관련이 있는 종끼리 묶어 지구 상의 생물들을 크게 원핵생물계, 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계의 5계로 분류한다.

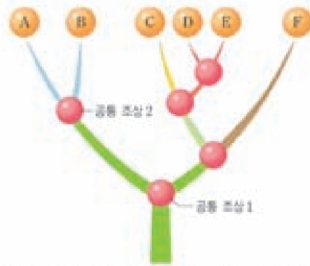



그림 Ⅱ-36 **계통수**_ A와 B 사이는 A와 C 사이보다 유연관계가 더 가깝다. 또 공통 조상 1보다 공통 조상 2가 더 늦게 출현하였다.




그림 Ⅱ-37 **생물의 5계 분류**_ 생물계는 원핵생물계, 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계의 5계로 분류한다.

자기 주도 학습

**개념 확인하기**
생물의 분류 기준으로 이용할 수 있는 형질은 어떤 특징을 가지는가?

**과학과 기술, 사회 연관 짓기**
균계의 생물이 합성한 물질로 원핵생물의 생장을 제한하는 사례를 조사해 보자.

4. 생물의 다양성과 분류 291




### ❀ 헤켈

독일의 생물학자인 헤켈(Haeckel, E. H. P. A. ; 1834~1919)은 계통수를 처음 사용하였다. 최초로 원생동물과 후생동물을 구분하였고, 진화 재연설을 주장하였다.

### ❀ 동정

다양한 분류 형질을 이용하여 생물의 학명을 알아내는 것을 동정이라고 한다. 생물에 대한 동정은 생물 표본과 문헌을 비교하면서 이루어지는 것이 보통이며, 만일 이전까지의 문헌이나 학회에 보고되지 않은 경우에는 신종으로 등록할 수 있다.

### ❀ 검색표

미지의 생물이 어느 생물군에 속하는지 판별하는 데 도움이 되도록 분류 형질에 대한 설명을 이분법적으로 배열한 표이다. 검색표는 동정을 간단하게 하기 위해 만든 것이므로 계통 관계를 고려할 필요는 없다. 검색표를 이용하려면 그 생물의 구조와 형태에 관한 지식을 가지고 있어야 한다.

### ❀ 계통수

(1) **계통** 생물이 환경 변화에 적응하면서 진화해 온 과정을 종적으로 나타낸 것을 계통이라고 한다.

(2) **계통수** 계통을 바탕으로 생물 상호 간의 유연관계를 나뭇가지 모양의 그림으로 나타낸 것을 계통수라고 한다.

① 생물이 진화해 온 경로와 생물 상호 간의 유연관계를 쉽게 파악하기 위해 고안된 방법이다.

② 계통수에서 같은 가지에 속하는 생물들은 공통 조상에서 갈라져 나온 것이므로 다른 가지의 생물들보다 유연관계가 가깝다.

③ 계통수에서 아래쪽에 위치한 생물일수록 하등하며, 갈라진 가지의 위치가 위쪽일수록 비교적 최근에 공통 조상으로부터 갈라져 나온 것이다.

④ 계통수를 작성하기 위해서는 먼저 각 생물 개체군의 유연관계를 밝히는 데 기준이 되는 여러 가지 상동 구조와 특징을 조사한다. 그리고 조사한 특징에 따라 개체군을 무리 지어 체계를 세운 다음, 작성된 개체군의 체계를 계통수로 나타낸다.

⑤ 계통수의 세로축을 진화 단계를 결정지을 수 있는 특징으로 하고, 가로축을 유연관계를 결정지을 수 있는 특징으로 하여 가지 끝에 생물종을 배치한다.

### 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

분류 형질은 유전이 되고, 계절이나 환경에 따라 쉽게 변하지 않으며, 관찰하기 쉽다는 특징을 가진다.

**▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기**

1927년 플레밍은 우연히 푸른곰팡이인 페니실리움 노타툼(*Penicillium notatum*)으로 오염되어 있는 배지에 황색 포도상 구균(*Staphylococcus aureus*: 화농균)이 자라지 않는 것을 관찰하였다. 그는 이 곰팡이를 분리하고 배지에 배양하여 이 곰팡이에서 인체에 감염을 일으키는 일반 세균들을 죽일 수 있는 물질이 만들어지는 것을 발견하였다.

# 4-2 분류의 실제

## | 학습 내용 안내 |

(1) 원핵생물과 원생생물의 특징과 차이점을 알고 각각에 해당하는 대표적인 생물들을 안다.

(2) 균계와 식물계를 비교하고, 식물계의 분류 방법을 알고, 동물계는 척추동물과 무척추동물로 분류할 수 있음을 안다.

## | 학습 전개 |

원핵생물계와 원생생물계의 특징을 이해하고, 각각에 해당되는 대표적인 생물에는 어떤 것들이 있는지 설명하게 한다.



균계와 식물계의 특징을 이해하고, 식물계의 분류 방법을 설명하게 한다.



동물계의 특징과 대표적인 예를 이해하고, 동물계의 분류 방법을 설명하게 한다.

# 4-2 분류의 실제



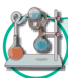
학습 목표

• 분류의 목적과 기준을 생물의 다양성과 관련지어 설명할 수 있다.

생물학자들은 현재 지구 상에 약 150만 종이 넘는 생물들이 살고 있는 것으로 추측하고 있으며, 이처럼 많은 생물들을 5계 분류 체계로 분류하고 있다. 5계는 어떤 특징으로 구분하였을까?

### 원핵생물계

원핵 세포는 핵막이 없기 때문에 핵과 세포질의 구분이 뚜렷하지 않은 세포이다. 원핵 세포로 이루어진 원핵생물은 대부분 단세포이지만, 때로는 세포들이 모여 군체를 이루기도 한다.



## 학습 자료실

### ❀ 세균도 성이 있을까?

보통 세균은 이분법이나 출아법으로 번식하기 때문에 유성 생식을 하지 않는다. 그러나 세균에서도 유성 생식과 비슷한 현상을 찾아볼 수 있다. 대장균은 F선모라는 성선모로 유전자를 교환한다는 것이 밝혀진 것이다. 하지만 진정한 유성 생식으로 보기에는 무리가 있다는 것이 대부분 학자들의 의견이다.

**찾아보기**

• 분류학 개론(2012), 김재근 저, 라이프사이언스

• 식물 분류학(계통학적 접근)(2010), 박기룡 외 4저, 신일 북스





## 과학 돋보기

### ❀ 원핵생물의 특징

(1) 핵막이 없어 염색체가 세포질에 퍼져 있는 원핵 세포로 구성된 단세포 생물이다.

(2) 세포의 분화가 뚜렷하지 않아 핵, 미토콘드리아, 골지체, 소포체, 엽록체 등 막으로 싸인 세포 소기관이 없다.

(3) 진핵 세포에 비해 크기가 매우 작고 내부 구조는 단순하지만, 진핵 세포와 같이 효소가 있어 물질대사를 한다.

(4) 식물 세포와 마찬가지로 세포벽을 갖는다. 그러나 식물 세포의 세포벽은 주성분이 셀룰로스인 반면, 원핵 세포의 세포벽은 주성분이 펩티도글리칸이다.

(5) 대부분의 원핵생물은 이분법으로 증식하지만, 환경이 좋지 않을 때에는 포자를 형성하여 증식하기도 한다.

(6) 대표적인 원핵생물로는 세균이 있다. 이들은 지구에서 가장 오래된 생물로서, 화석으로도 발견된다.

(7) 세균은 물속, 공기 중, 토양 속, 음식물 속, 그 밖에도 거의 모든 물체에 살고 있다. 이것은 대부분의 물질이 세균의 양분으로 이용되기 때문이다.

원핵생물은 영양분을 얻는 방법에 따라 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 염주말과 같이 스스로 영양분을 합성하는 남조류가 있고, 다른 하나는 대장균과 같이 다른 생물의 사체나 배설물을 분해하여 생활하는 세균류가 있다.

**원생생물계**

핵막이 있는 진핵 세포로 이루어진 생물을 원생생물이라고 한다. 원생생물에는 비광합성 원생생물인 원생동물과 광합성 원생생물을 포함하는 대부분의 단세포 진핵생물이 있다. 또한 조직 분화가 완전하게 되지 않은 다세포 진핵생물도 원생생물에 속한다.

대부분의 원생생물은 물속에 서식하는데, 일부는 호수나 연못의 진흙 바닥이나 동물의 소화관에 서식한다. 원생생물의 예로는 짚신벌레, 아메바, 돌말, 김, 미역, 볼복스 등이 있다.

볼복스

유글레나

짚신벌레

Ⅰ. 생물의 다양성과 분류 293

## ❀ 원생생물의 특징

(1) 식물과 동물로 완전히 분화되기 이전 단계의 핵이 있는 단세포 생물과 그 직계 다세포 생물을 통틀어 원생생물이라고 한다.

(2) 대부분 단세포 생물이지만 군체를 이루거나 다세포성인 것도 있으며, 원핵생물과는 달리 막으로 싸인 세포 기관을 갖는 진핵 세포로 되어 있다.

(3) 이분법과 같은 무성 생식 이외에 수정이나 접합과 같은 유성 생식도 한다.

(4) 영양 물질을 얻는 방법에 따라 크게 동물을 닮은 원생동물류와 식물을 닮은 조류 그리고 균류를 닮은 점균류와 물곰팡이류의 세 무리로 분류한다.

① **원생동물류**: 대부분 자유 생활을 하지만, 일부는 고착 생활을 하거나 기생 또는 공생하는 종류도 있다. 예 편모류, 위족류, 섬모류, 포자류

② **조류**: 물속에서 광합성을 하며 생활하는 독립 영양 생물이다. 예 황적조류(쌍편모조류), 황갈조류(규조류), 유글레나류, 홍조류, 갈조류, 녹조류 등

③ **점균류와 물곰팡이류**: 엽록소가 없어 광합성을 하지 않는 종속 영양 생물로서, 종종 실과 같은 균사를 형성한다는 점에서 균류의 곰팡이와 비슷하다. 그러나 곰팡이와는 달리 세포벽의 주성분이 셀룰로스이다.

**참고 자료** 적조 현상

적조 현상이란 바다에 살고 있는 여러 동식물성 플랑크톤이 폭발적으로 늘어나 바닷물의 색을 변화시키는 것으로서, 보통 바닷물이 붉은색으로 변하기 때문에 적조(red tide)라고 한다. 적조 현상이 일어났을 때의 바다색은 그 원인이 되는 플랑크톤의 색에 따라 적갈색, 황갈색, 황록색, 황색, 암자색 등 여러 가지로 나타난다.

적조 현상이 일어나면 플랑크톤이 급증하여 플랑크톤 자신의 호흡이나 플랑크톤의 사체를 분해하는 분해자의 호흡에 산소가 소비되어 어패류에 호흡 장애를 일으킨다. 또 플랑크톤이 직접 분비하는 유독 물질이나 플랑크톤의 사체가 분해되는 과정에서 발생한 유독 물질이 어패류에 직접적인 피해를 준다. 황적조류 중 일부는 주기적으로 폭발적인 증식을 통해 적조 현상을 일으키기도 한다.




## ❀ 조류

(1) **황적조류(쌍편모조류)** 바다에 사는 단세포성 플랑크톤으로서, 군체를 이루기도 한다.

(2) **황갈조류(규조류)** 물속에 사는 식물성 플랑크톤의 대부분을 차지한다. 뿔돌말, 실패돌말 등이 속한다.

(3) **홍조류** 깊은 바다에 살며, 붉은색을 띠는 다세포 조류이다. 김, 우뭇가사리 등이 속한다.

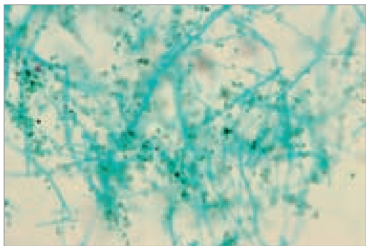
(4) **갈조류** 모두 다세포 생물로 부착 생활을 하며 조류 중 발달한 무리이다. 미역, 다시마, 모자반, 톳 등이 포함된다.

(5) **녹조류** 파래, 청각과 같이 바다에 사는 것도 있지만, 해캄, 클로렐라, 반달말 등과 같이 대부분 민물에서 산다.

(6) **유글레나류** 편모를 가지고 있는 단세포 조류이다.

### 참고 자료 페니실린의 발견

1929년 플레밍은 박테리아를 연구하기 위한 실험에 몰두하였다. 플레밍의 주위에는 항상 지저분한 실험용 접시가 많이 쌓여 있었는데, 이 실험용 접시 속에는 그가 연구하고자 하는 박테리아가 있었다. 그런데 언제부터인가 이 실험용 접시에 곰팡이도 자라기 시작하였다. 플레밍은 이를 관찰하는 도중에 곰팡이가 있는 주위에는 박테리아가 자라지 않는 것을 발견하였다. 의문을 갖게 된 플레밍은 진행 중인 연구를 중지하고 곰팡이에 대한 새로운 연구를 시작하였다. 연구 결과 실험용 접시에 자라던 곰팡이는 푸른곰팡이였고, 곰팡이가 생성한 물질은 페니실린이었다. 또한 이 물질이 사람과 가축에는 독성이 없으며, 많은 유해균에 대해 성장 억제 작용이 있다는 사실을 논문을 통해 발표하였다. 1945년 플레밍은 페니실린과 그 치료 가치의 발견으로 노벨상을 수상하였다.



▲ 푸른곰팡이(×200)

### 관련 지식

**❀ 균류의 특징**

엽록소가 없어 광합성을 하지 못하는 종속 영양 생물로서, 다른 생물체나 죽은 동식물의 사체에 붙어서 기생 생활을 하며 분해자 역할을 한다. 실과 같은 균사로 이루어져 있으며, 키틴(chitin) 성분으로 이루어진 세포벽을 가진다. 효모처럼 단세포인 종류도 있지만, 대부분의 곰팡이와 버섯은 다세포이다. 균사의 격벽 유무와 생식 방법에 따라 접합균류, 자낭균류, 담자균류의 세 무리로 분류한다.

**균계**

균류는 다세포 생물이면서 엽록소가 없어 기생 생활을 하는 진핵생물이며, 몸이 실 모양의 균사로 이루어져 있다. 대부분의 균류는 죽은 생물에서 양분을 얻지만 일부는 동물이나 식물의 몸에 기생하며, 균사에서 만들어지는 포자로 번식한다. 균류의 예로는 곰팡이와 버섯이 있다.

**식물계**

식물은 세포나 조직이 분화되어 있는 다세포 생물이며, 광합성에 의해 유기물을 생산하는 진핵생물이다. 식물은 크게 종자를 만들어 번식하는 종자식물과 고사리나 이끼처럼 포자를 만들어 번식하는 포자식물로 나눌 수 있다. 종자식물은 소나무나 은행나무처럼 씨방이 없는 겉씨식물과 사과나무나 민들레처럼 밑씨가 씨방에 둘러싸인 속씨식물로 나눌 수 있다.




**❀ 식물의 특징**

세포와 조직이 분화되어 있는 다세포성 진핵생물이며, 엽록체가 있어 광합성을 하는 독립 영양 생물이다. 광합성 색소인 엽록소 a, 엽록소 b와 카로티노이드를 가지며, 세포벽의 주성분이 셀룰로스라는 점에서 원생생물 중 다세포성 녹조류와 유사하다. 대부분의 식물은 조류와는 달리 뿌리, 줄기, 잎이 구분되며, 공기 중에 노출된 줄기, 잎 등의 표면을 큐티클층이 덮고 있어 건조한 육상 환경에서 수분 손실을 막아 준다. 관다발의 유무, 종자의 형성 여부에 따라 선태식물, 양치식물, 종자식물로 나누고, 종자식물은 씨방의 유무에 따라 겉씨식물과 속씨식물로 나눈다.

**❀ 식물의 분류**

(1) **선태식물** 물속에서 육상으로 옮겨 가는 중간 단계의 식물로서, 습기가 많은 숲 속이나 바위 등에 사는 이끼류를 말하며, 솔이끼와 우산이끼가 있다.

(2) **양치식물** 그늘지고 습기가 많은 토양에서 잘 자라며 뿌리, 줄기, 잎의 구별이 뚜렷하다. 양치식물에는 솔잎란, 석송, 쇠뜨기, 고사리 등이 있다.

(3) **종자식물** 꽃을 피우고 씨를 만드는 식물로서, 잎, 줄기, 뿌리의 구별이 뚜렷하다.

**동물계**

동물은 몸이 진핵 세포로 이루어진 다세포 생물이며, 엽록체가 없어 광합성을 하지 못한다. 따라서 식물이나 다른 동물을 섭취하여 필요한 영양분을 얻으며, 대부분 여러 가지 운동 기관으로 이동하며 살아간다.

동물은 딱정벌레처럼 척추가 없는 무척추동물과 토끼처럼 척추가 있는 척추동물로 나눌 수 있다. 척추동물은 체온이 일정하게 유지되는 동물과 체온이 환경에 따라 변하는 동물로 나누어진다. 체온이 일정한 동물의 종류에는 알을 낳는 조류와 새끼를 낳는 포유류가 있다. 또한 체온이 변하는 동물의 종류에는 호흡 기관에 따라 아가미로 호흡하는 어류, 폐와 피부로 호흡하는 양서류, 폐로 호흡하는 파충류가 있다.

그러면 생물을 5계로 분류하는 기준은 무엇이며, 각 계에 속하는 생물들의 공통점과 차이점은 무엇일까?

295

### ❀ 동물계

(1) **동물의 특징** 진핵 세포로 이루어진 다세포성 생물이며, 식물 세포와는 달리 세포벽을 갖지 않는다. 엽록체가 없어 스스로 양분을 만들지 못하고, 식물이나 다른 동물을 먹고 사는 종속 영양 생물이다. 해면 동물이나 산호 등 일부를 제외한 대부분의 동물은 운동 기관을 이용하여 이동할 수 있으며, 이는 동물이 먹이를 찾아내어 섭취할 수 있게 해 준다. 그러나 이동 능력이 없는 동물은 먹이 섭취를 위해 특별한 수단을 가진다. 식물과는 달리 기관계가 발달되어 있는데, 대부분의 동물은 신경계, 소화계, 생식계, 근육계 및 배설계를 갖는다.

(2) **동물의 분류 기준** 우선 배엽의 수로 나누는데, 무배엽성 동물, 2배엽성 동물, 3배엽성 동물로 분류한다. 두 번째로 중배엽의 기원과 원구와 입의 관계로 나누는데, 원중배엽 세포로부터 중배엽이 형성되고 원구가 입이 되는 선구동물과, 원장이 주머니를 형성한 다음 떨어져 나와 중배엽이 형성되고 원구가 항문이 되는 후구동물이 있다. 세 번째로 체강의 종류에 따라 나누는데, 체강이 없는 것과 원체강을 가지는 것과 진체강을 가지는 것으로 구분한다. 마지막으로 척삭의 형성 여부에 따라 나누는데, 척삭은 척삭동물에서만 형성되고, 다른 동물에서는 형성되지 않는다.

### 용어 설명

**포배** 수정란이 세포 분열을 하여 다세포로 된 후 배의 내부에 액체로 채워진 공간이 생길 때의 배이다.

**난할강** 포배에서 배 내부의 공간으로서, 액체가 차 있다.

**낭배** 포배기 이후에 세포가 분열과 생장을 반복하면서 세포들의 일부가 안으로 접혀 들어간 주머니 모양의 배이다.

**원구** 처음 함입이 일어나는 곳으로서, 발생이 진행되면서 입(선구동물)이나 항문(후구동물)으로 분화된다.

**체강** 동물의 체벽과 내장 사이의 빈 곳으로서, 중배엽으로 둘러싸여 있다.

**척삭** 발생 과정에서 낭배가 형성될 때 원구 상순부가 원장으로 밀려들어간 후 이것이 척삭으로 분화된다. 척추동물에서는 발생이 더 진행되면서 척삭이 척추로 바뀌게 된다.




### ❀ 척추동물의 분류

(1) **변온 동물**

| 어류 | 양서류 | 파충류 |
| --- | --- | --- |
| 아가미로 호흡 | 폐와 피부로 호흡 | 폐로 호흡 |


거북(파충류)

(2) **정온 동물**

| 조류 | 포유류 |
| --- | --- |
| 알을 낳는다. | 새끼를 낳는다. |


타조(조류)



## 학습 자료실

### ❀ 5계 생물군의 특징

(1) **원핵생물계** 세균이 여기에 속하며, 원핵생물이라는 말은 세균이 핵을 갖지 않는 데서 유래되었다.

(2) **원생생물계** 원생동물류(비광합성 원생생물)와 조류(광합성 원생생물)를 포함하는 대부분의 단세포 진핵생물로 구성된다. 또한 조직 분화가 덜 된 다세포성 진핵생물도 여기에 속한다. 짚신벌레, 아메바, 유글레나, 돌말 등이 있다.

(3) **균계** 대부분 다세포성이며, 운동성이 없고 엽록체가 없어 기생 생활을 하고, 생태계에서 분해자의 역할을 한다. 곰팡이와 버섯 등이 있다.

(4) **식물계** 육지에 사는 다세포성 광합성 생물로서, 선태식물, 양치식물, 종자식물 등이 여기에 속한다.

(5) **동물계** 다세포성이고 종속 영양을 하며, 하등한 해면동물로부터 고등한 척추동물에 이르기까지 그 종류가 다양하다.

## 탐구 활동 분류

**| 목표 |**

분류 기준에 따라 계 수준에서 생물을 분류할 수 있다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 9종류의 생물을 살펴보고 어떻게 분류할 수 있을지 생각하여 친구들끼리 논의해 보게 한다.

2 9종류의 생물을 분류하는 기준으로 핵의 유무, 엽록체의 유무, 몸의 세포 수, 균사의 유무에 대하여 충분히 이해할 수 있도록 설명해 준다.

3 [정리 1]에서 표의 빈칸을 옳게 채웠는지를 확인한 후에 [정리 2]의 검색표를 완성하게 한다.

4 [정리 3]의 계통수를 완성하면서 5계의 분류 기준을 다시 한 번 상기시킨다.



탐구 활동 생물의 5계 분류 분류

목표 분류 기준에 따라 계 수준에서 생물을 분류할 수 있다.

그림은 9종류의 생물을 나타낸 것이다.




정리 1

9가지 생물의 특징을 표의 빈칸에 써 보자.

| 생물의 종류 | 핵의 유무 | 엽록체의 유무 | 몸의 세포 수 | 균사의 유무 |
|---|---|---|---|---|
| 대장균 | | 없음 | | 없음 |
| 짚신벌레 | 있음 | | | 없음 |
| 볼복스 | | | | 없음 |
| 버섯 | 있음 | | 다세포 | |
| 곰팡이 | 있음 | | 다세포 | |
| 진달래 | | | 다세포 | |
| 은행나무 | | | 다세포 | |
| 개구리 | 있음 | | 다세포 | |
| 사슴 | 있음 | | 다세포 | |

296 Ⅵ. 유전과 진화

**| 정리 1 |**

| 생물의 종류 | 핵의 유무 | 엽록체의 유무 | 몸의 세포 수 | 균사의 유무 |
|---|---|---|---|---|
| 대장균 | 없음 | 없음 | 단세포 | 없음 |
| 짚신벌레 | 있음 | 없음 | 단세포 | 없음 |
| 볼복스 | 있음 | 있음 | 단세포 | 없음 |
| 버섯 | 있음 | 없음 | 다세포 | 있음 |
| 곰팡이 | 있음 | 없음 | 다세포 | 있음 |
| 진달래 | 있음 | 있음 | 다세포 | 없음 |
| 은행나무 | 있음 | 있음 | 다세포 | 없음 |
| 개구리 | 있음 | 없음 | 다세포 | 없음 |
| 사슴 | 있음 | 없음 | 다세포 | 없음 |

**| 정리 2 |** 창의 · 인성

㉠ 핵, ㉡ 핵, ㉢ 단, ㉣ 다, ㉤ 균사, ㉥ 엽록체, ㉦ 균사, ㉧ 엽록체

정리 2 창의 · 인성

정리 1의 내용을 이용하여 ㉠~㉧의 분류 단계에 알맞은 내용을 쓰시오.

1-1. (㉠ )을/를 가지지 않는다. ······ 원핵생물계
1-2. (㉡ )을/를 가진다. ······ 2로
 2-1. 몸이 (㉢ ) 세포로 되어 있다. ······ 원생생물계
 2-2. 몸이 (㉣ ) 세포로 되어 있다. ······ 3으로
  3-1. (㉤ )을/를 가진다. ······ 균계
  3-2. (㉥ )을/를 가진다. ······ 식물계
  3-3. (㉦ )와/과 (㉧ )을/를 가지지 않는다. ······ 동물계

정리 3

정리 1과 정리 2의 내용을 바탕으로 5계에 해당하는 생물의 이름을 써 보자.




생물의 5계 분류에서는 여러 가지 기준을 종합하여 생물을 분류한다. 이러한 분류 기준에는 세포에서 핵의 유무, 엽록체의 유무, 단세포 또는 다세포인지의 여부, 균사의 유무 등이 있다.

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
| --- | --- |
| 체온이 일정한 동물과 환경에 따라 변하는 동물을 두 가지씩 쓰시오. | 균계에 속하는 생물이 생활에 이용되는 예를 조사해 보자. |



## 정리 3

동물계: 개구리, 사슴 / 식물계: 진달래, 은행나무 / 균계: 버섯, 곰팡이 / 원생생물계: 짚신벌레, 볼복스 / 원핵생물계: 대장균

## 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| | | 상 | 중 | 하 |
| 정리 1 | 1. 핵의 유무와 엽록체의 유무에 해당하는 표의 빈칸을 옳게 채웠는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 몸의 세포 수와 균사의 유무에 해당하는 표의 빈칸을 옳게 채웠는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 정리 2 | 1. 검색표의 1-1과 1-2의 빈칸을 옳게 채웠는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 검색표의 2-1과 2-2의 빈칸을 옳게 채웠는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 검색표의 3-1, 3-2, 3-3의 빈칸을 옳게 채웠는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 정리 3 | 5계의 계통수에 생물을 옳게 배치했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

## 관련 지식

### ❀ 5계 분류 체계의 분류 기준

편모의 유형, 세포 핵의 분화, 세포 기관의 분화, 광합성 색소의 유무, 단세포 또는 다세포 여부, 몸이 다핵성 세포로 구성되어 있는지의 여부, 그 밖의 분자 생물학적 특징 등이 있다.

### ❀ 3역 분류

생물을 고세균역, 세균역, 진핵생물역으로 분류하며, 최근에 밝혀진 유전자 서열을 토대로 분류하는 방법이다. 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계는 진핵생물역에 포함된다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

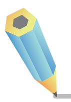
- 체온이 일정한 동물: 사슴, 토끼
- 체온이 변하는 동물: 개구리, 도마뱀

▶ 과학과 생활 연관 짓기

발효란 탄수화물과 지방이 미생물의 작용으로 분해되어 사람에게 유익한 생산물로 변화되는 현상이며, 곰팡이와 효모 등 균계에 속하는 미생물이 중요한 역할을 한다. 전통적인 술 제조에 쓰이는 누룩과 장을 만드는 메주에는 털곰팡이나 거미줄곰팡이가 많이 쓰이고, 간장이나 된장 등에는 누룩곰팡이가 쓰인다. 또 서양의 치즈 발효에는 푸른곰팡이가 쓰인다.


❷ 메주


❷ 치즈



# 대단원 마무리

## Ⅵ. 유전과 진화

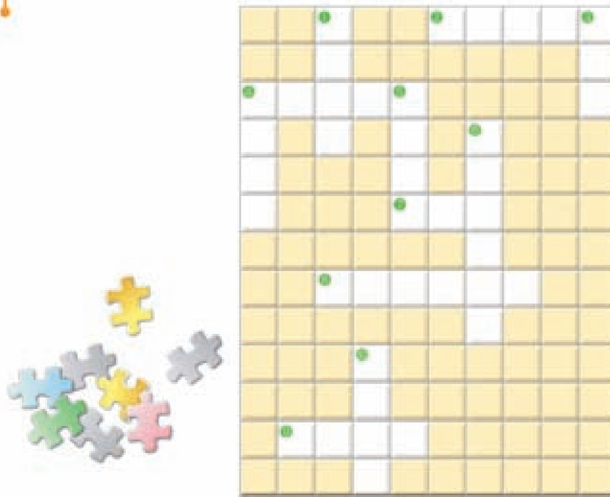
### 개념 정리하기

**[가로 열쇠 정답]**
❷ 원생생물계, ❹ 대립 유전자, ❼ 분류학, ❽ 해부학적 증거, ❾ 상사 기관

**[세로 열쇠 정답]**
❶ 반성 유전, ❸ 계통수, ❹ 대립 형질, ❺ 자화 수분, ❻ 생화학적 증거, ❿ 상동 기관

대단원 마무리
Ⅵ. 유전과 진화

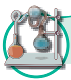
개념 정리하기



가로 열쇠
- 5계 분류 체계 중 하나로, 원생동물(비광합성 원생생물)과 조류(광합성 원생생물)를 포함하는 대부분의 단세포 진핵생물로 구성됨.
- 상동 염색체 위에 쌍을 이루고 있는 두 개의 유전자
- 생물계를 일정한 규칙에 따라서 문, 강, 목, 과, 속, 종 등의 단계로 정리하고, 이것들의 상호 관계나 계통 등을 연구하는 학문
- 생물의 해부학적 구조를 비교하여 얻은 진화의 증거
- 발생 기원과 기본 구조가 다르지만, 형태와 기능이 유사한 기관

세로 열쇠
- 유전자가 X 염색체에 들어 있어서 성별에 따라 형질이 나타나는 빈도가 달라지는 유전 현상
- 생물의 유연관계를 토대로 생물이 진화해 온 과정을 나무 모양의 그림으로 나타낸 것
- 완두의 키가 '큰 것 – 작은 것'이나 씨의 색깔이 '황색–녹색' 처럼 하나의 형질에 대하여 서로 뚜렷하게 구별되는 형질
- 식물의 꽃가루가 같은 꽃 속의 암술머리에 스스로 수분되는 현상
- 유전자와 단백질의 구조를 분석하여 찾을 수 있는 진화의 증거
- 형태와 기능은 달라도 기본 구조가 유사한 기관

298 Ⅵ. 유전과 진화



**학습 자료실**

### ❀ 변온 동물의 체온은 항상 주변 온도에 따라 변할까?

변온 동물은 활동을 하지 않는 밤이나 겨울에는 체온을 주변과 같이 낮게 유지하고, 활동을 하는 낮에는 체온을 적절한 수준으로 일정하게 유지한다. 즉, 활동할 때 체온이 기준보다 높아지면 그늘에서 쉬다가 체온이 떨어지기 시작하면 다시 양지 쪽으로 나와 체온을 올리는 방식으로 체온을 일정하게 유지한다.



Ⓐ 변온 동물인 개구리

### ❀ 척추동물이 무척추동물보다 몸집이 클 수 있는 이유는?

무척추동물은 척추를 포함한 내골격이 없어서 큰 몸집을 유지할 수 없다. 이에 비해 척추동물은 척추를 포함한 내골격이 있어서 커다란 몸집을 유지할 수 있다. 예를 들어 코끼리나 공룡이 큰 몸집을 유지할 수 있었던 중요한 요인은 척추와 내골격 때문이다. 사람도 몸집이 큰 사람이 일반적으로 뼈가 크고 굵다.

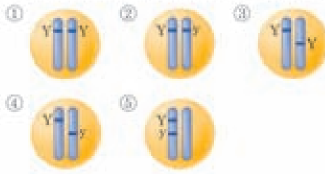
**심화 학습** 독립 유전과 연관 유전

독립 유전의 경우에는 생식세포를 만들 때 두 쌍의 대립 유전자가 독립적으로 이동하고, 연관 유전의 경우에는 분리되지 않고 함께 이동한다.

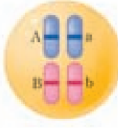
| 구분 | 독립 유전 | 연관 유전 | |
|---|---|---|---|
| | | A–B, a–b 연관 | A–b, a–B 연관 |
| 유전자의 위치 | A a / B b | A a / B b | A a / b B |
| 생식세포의 종류 | AB, Ab, aB, ab | AB, ab | Ab, aB |
| 생식세포의 비 | AB : Ab : aB : ab =1 : 1 : 1 : 1 | AB : ab=1 : 1 | Ab : aB=1 : 1 |

## 개념 적용하기

**1** 황색 완두(YY)와 녹색 완두(yy)를 교배하였더니 잡종 1대($F_1$)에서는 모두 황색 완두가 나타났다. $F_1$의 황색 완두가 갖는 유전자의 위치를 염색체 위에 바르게 나타낸 것은? (단, 황색 유전자가 녹색 유전자에 대하여 우성으로 작용한다.)

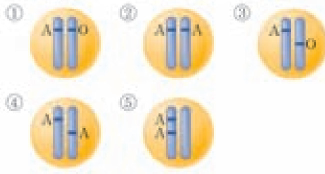


**2** 그림은 유전자형이 AaBb인 개체의 유전자 위치를 나타낸 것이다.
이 개체가 만들 수 있는 생식 세포의 유전자형을 바르게 나타낸 것은?




① AA, bb ② AB, ab
③ Ab, aB ④ AA, BB, aa, bb
⑤ AB, Ab, aB, ab

**3** 혈액형이 B형인 어머니로부터 태어난 A형인 아들의 유전자 위치를 바르게 나타낸 것은?



**4** 다음은 유전 인자의 이동 현상에 대하여 설명한 내용이다.

> 한 쌍의 대립 인자는 생식세포를 형성할 때 서로 분리되어 다른 생식세포로 들어간 다음, 수정에 의해 다시 쌍을 이루어 유전 형질을 발현시킨다.

위의 설명에 해당하는 것은?
① 서턴의 염색체설
② 모건의 유전자설
③ 멘델의 우열의 법칙
④ 멘델의 분리의 법칙
⑤ 멘델의 독립의 법칙

**5** 표는 학생들이 본인과 형제, 자매 및 부모의 몇 가지 유전 형질에 대해 조사한 결과를 나타낸 것이다.

| 형질 | 대립 형질 | 아버지 | 어머니 | 본인 | 형제, 자매 |
|---|---|---|---|---|---|
| 혀말이 | 된다, 안 된다 | 된다 | 안 된다 | 된다 | 된다 |
| 귓불 | 분리형, 부착형 | 분리 | 부착 | 분리 | 부착 |
| 머리카락 | 곧은머리, 곱슬머리 | 곱슬 | 곱슬 | 곱슬 | 곱슬 |
| 보조개 | 있다, 없다 | 있다 | 없다 | 있다 | 없다 |
| 주근깨 | 있다, 없다 | 있다 | 있다 | 있다 | 없다 |

위 자료를 통해 우성 형질임을 명확하게 알 수 있는 것을 있는 대로 고른 것은?
① 주근깨 있음
② 머리카락 곱슬
③ 귓불 분리, 머리카락 곱슬
④ 혀말이 안 됨, 보조개 있음
⑤ 주근깨 있음, 머리카락 곱슬

대단원 마무리 299

## 개념 적용하기

**1** ②
[해설] Y와 y는 대립 유전자이므로 상동 염색체의 대응되는 위치에 존재해야 한다.

**2** ⑤
[해설] A와 B, a와 b가 서로 다른 염색체에 존재하므로 이 개체가 만들 수 있는 생식세포의 유전자형은 AB, Ab, aB, ab이다.

**3** ①
[해설] B형인 어머니로부터 태어난 A형의 아들은 어머니로부터 O를, 아버지로부터 A를 물려받은 것이다. A와 O는 대립 유전자이므로 상동 염색체의 대응되는 위치에 존재해야 한다.

**4** ④

**5** ①
[해설] 우열 관계를 판단할 수 있는 경우는 같은 형질의 부모 사이에서 부모와 다른 형질의 자식이 태어날 때이다.

### 보충 학습 염색체의 구분

(1) **상동 염색체** 체세포에 들어 있는 모양과 크기가 같은 한 쌍의 염색체로서, 부계와 모계로부터 각각 한 개씩 물려받은 것이다. 상동 염색체가 쌍으로 존재하면 핵상을 $2n$, 생식세포처럼 상동 염색체가 한 개씩 들어 있으면 핵상을 $n$으로 표시한다.
(2) **염색 분체** 세포 분열기의 전기와 중기에는 염색체가 세로로 갈라져 두 가닥으로 되어 있는데, 각각의 가닥을 염색 분체라고 한다. 체세포 분열에서는 두 개의 염색 분체로 구성되어 있지만, 생식세포 분열에서 2가 염색체는 상동 염색체가 접합하여 형성되기 때문에 네 개의 염색 분체로 구성되어 있다.
(3) **상염색체** 성에 관계없이 암수 공통으로 가지고 있는 염색체로서, 일반 형질을 결정한다. 보통 염색체 위에는 일정한 위치로 늘어서 있는 유전자가 존재하며 염색체 안에는 사람의 신체를 구성하는 유전자 및 물질대사에 필요한 효소나 호르몬 등을 만드는 유전자 등이 들어 있다.
(4) **성염색체** 성을 결정하는 염색체로 암수에 따라 구성이 다르다. 사람의 경우 여자는 X염색체 두 개를 가지며, 남자는 X염색체와 Y염색체를 가진다.

### 참고 자료 마사지를 하면 유전자도 좋아한다.

일반적으로 마사지를 받으면 근육에 쌓인 젖산과 같은 노폐물이 배출되어 피로 회복에 도움을 준다고 알려져 있다. 하지만 마사지를 받는다고 근육에서 노폐물이 제거되는 것은 아니다. 대신 우리 몸을 건강하게 하는 유전자가 활성화된다는 사실이 밝혀졌다.

캐나다의 마크 타르노폴스키 박사는 마사지를 받은 다리 근육에서 염증을 줄이고 근육의 재생을 돕는 유전자가 발현된다는 사실을 알아내었다. 마사지를 받은 다리에서는 근육의 회복을 돕는 'PGC-1 알파'라는 유전자가 30 % 이상 많이 발견되었고, 염증을 유발하는 'NFkb' 유전자는 3배나 적게 나타났다. 반면, 근육의 젖산이나 노폐물 제거 효과는 없는 것으로 나타났다.

## 개념 적용하기

**6** ⑤

[해설] 5는 Aa이고, 6은 aa이므로 이들 사이에 태어나는 자식은 Aa와 aa가 1 : 1의 비율로 나타난다.

**7** ⑤

[해설] 정상인 남자(XY)와 색맹인 여자(X′X′) 사이에서 정상인 딸(보인자)과 색맹인 아들이 1 : 1의 비율로 나타난다. 그러므로 2는 정상 여자로 표시되어야 하고, 3은 색맹 남자로 표시되어야 한다.

**8** ①

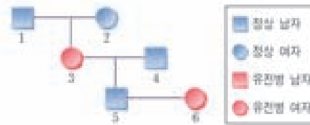
**9** 유전병 유전자가 X염색체에 존재하므로, 8이 가진 유전병 유전자는 4로부터 물려받은 것이다.

**10** ⑤

[해설] 용불용설에서는 초기에 기린의 목이 짧았지만 높은 나무의 잎을 먹기 위해 목을 길게 늘렸기 때문에 오랜 기간 누적되어 기린의 목이 길어졌다고 설명한다. 반면, 자연선택설에서는 초기에 목이 긴 기린과 짧은 기린이 있었는데 목이 짧은 기린은 높은 나무의 잎을 먹지 못해 도태되고 목이 긴 기린만 경쟁에서 살아남았다고 설명한다.

### 개념 적용하기

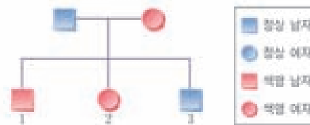
**6** 그림은 어떤 유전병에 대한 가계도이다(단, 우성 유전자는 A, 열성 유전자는 a로 표시한다).




위 가계도에 대한 설명 중 옳은 것은?

① 이 유전병은 정상에 대해 우성 형질이다.
② 이 유전병 유전자는 X염색체 위에 존재한다.
③ 1이 유전병 유전자를 가질 확률은 50 %이다.
④ 이 유전병은 분리의 법칙에 따라 유전되지 않는다.
⑤ 5와 6 사이에서 유전병 자녀가 태어날 확률은 50 %이다.

**7** 그림은 색맹 유전을 조사하여 나타낸 가계도이다(단, 색맹 유전자는 X염색체 위에 있고, 정상 유전자에 대해 열성이다).



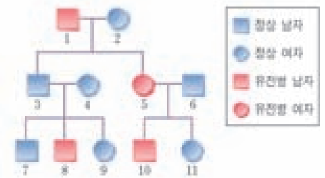

위 가계도의 1~3에서 잘못 표시한 곳을 있는 대로 고른 것은?

① 1 ② 2 ③ 3
④ 1, 2 ⑤ 2, 3

**8** 다음 중 유연관계가 가장 가까운 경우는?

① 같은 속에 속하고 종이 다른 두 생물
② 같은 과에 속하고 속이 다른 두 생물
③ 같은 목에 속하고 과가 다른 두 생물
④ 같은 강에 속하고 목이 다른 두 생물
⑤ 같은 문에 속하고 강이 다른 두 생물

**9** 그림은 유전자가 X염색체 위에 존재하는 어떤 유전병에 관한 가계도를 나타낸 것이다.




8이 가진 유전병 유전자의 전달 경로를 쓰시오.

**10** 다음은 용불용설과 자연선택설에서 기린의 목이 길어진 이유에 대한 설명을 순서 없이 나열한 것이다.

(가) 목이 긴 기린만 경쟁에서 살아남았다.
(나) 오랜 기간 누적되어 목이 길어졌다.
(다) 초기에는 목이 긴 기린과 짧은 기린이 있었다.
(라) 높은 나무의 잎을 따 먹기 위해 목을 길게 늘렸다.
(마) 초기의 기린은 목이 짧았다.
(바) 목이 짧은 기린은 높은 나무의 잎을 따 먹지 못했다.

위의 내용으로 용불용설과 자연선택설에 의해 기린의 목이 길어진 과정을 옳게 나열한 것은?

| | 용불용설 | 자연선택설 |
|---|---|---|
| ① | (다) → (라) → (나) | (마) → (바) → (가) |
| ② | (다) → (바) → (가) | (마) → (라) → (나) |
| ③ | (마) → (바) → (가) | (다) → (라) → (나) |
| ④ | (마) → (라) → (가) | (다) → (바) → (나) |
| ⑤ | (마) → (라) → (나) | (다) → (바) → (가) |

300 Ⅵ. 유전과 진화




### ❀ 자연선택과 진화

돌연변이로 태어나거나 그 빈도가 매우 낮은 유전자를 가진 개체는 대부분 환경에 대한 적응력이 낮다. 그러나 환경이 변함에 따라 기존의 대립 유전자를 가진 개체보다 생존력이나 번식력이 높아질 수 있으며, 그 결과 집단 내의 대립 유전자 빈도가 변하게 된다. 이처럼 자연선택은 진화의 가장 중요한 요인으로 생물과 환경의 상호 작용에 의해서 일어난다.



❷ 자연선택으로 살아남은 목이 긴 기린

### ✚참고 자료 낫 모양 적혈구 빈혈증과 말라리아

낫 모양 적혈구 빈혈증은 산소가 부족할 경우 적혈구의 형태가 낫 모양으로 변하여 관절이 붓고 심각한 감염 증상이 나타나는 유전 질환이다.

이 병을 가진 사람은 자손을 낳을 수 있는 나이까지 살기 어려우며, 중앙아프리카에는 이 질병의 유전자를 가진 이형 접합자가 인구의 15~20 %나 된다. 이러한 현상은 말라리아와 관계가 있다.

옛날부터 아프리카에서는 말라리아로 많은 사람이 죽었다. 말라리아는 말라리아 병원충이 적혈구를 파괴하여 나타나는 질병인데, 말라리아 병원충은 낫 모양의 적혈구에서는 살지 못한다.

낫 모양 적혈구 유전자를 가진 보인자의 적혈구에 말라리아를 일으키는 병원충이 침입하면 적혈구가 낫 모양으로 변하고 말라리아 병원충은 적혈구에서 빠져나온다. 따라서 생존에 불리한 낫 모양 적혈구 유전자가 말라리아가 자주 발생하는 중앙아프리카에서는 도태되지 않고 남아 유전되는 것이다. 이는 생존에 불리한 돌연변이가 환경이 변함에 따라 자연선택된 경우이다.

## 개념 응용하기

과학 글쓰기

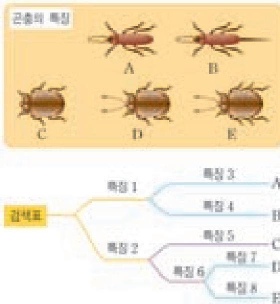
**1)** 표는 완두와 분꽃의 교배 실험을 나타낸 결과이다.

| 구분 | 완두의 모양 | 분꽃의 색깔 |
|---|---|---|
| 어버이 세대 | 순종의 둥근 완두, 순종의 주름진 완두 | 순종의 붉은색 분꽃, 순종의 흰색 분꽃 |
| 잡종 1대 | 둥근 완두 | 분홍색 분꽃 |
| 잡종 2대 | 둥근 것 : 주름진 것 =3 : 1 | 붉은색 : 분홍색 : 흰색 =1 : 2 : 1 |

완두와 분꽃의 유전에서 멘델의 우열의 법칙과 분리의 법칙이 적용되는지를 서술하시오.

창의·인성 키우기

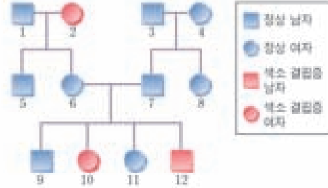
**2)** 어떤 분류학자가 무인도에서 발견한 곤충들의 특징을 관찰하고 분류한 다음, 이들의 이름을 A~E로 붙이고 검색표를 만들었다.




검색표의 특징 5는 무엇인지 쓰시오.

분석력 키우기

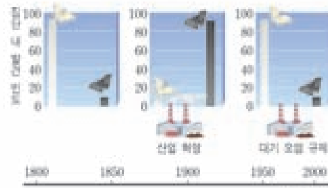
**3)** 그림은 어느 집안의 색소 결핍증에 대한 가계도이다(단, 색소 결핍증이란 머리카락, 눈, 피부 등의 색소가 결핍되어 나타나는 증상이다).




색소 결핍증의 우열 관계를 판단하고, 색소 결핍증 유전자가 상염색체에 존재할 것으로 판단할 수 있는 이유를 서술하시오.

탐구력 기르기

**4)** 그래프는 산업 혁명 이전과 이후의 숲 속에서 흰색 나방과 검은색 나방의 집단 내 발견 빈도 변화를 나타낸 것이다(단, 나방의 색깔은 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다).




위 자료와 가장 관계가 깊은 진화 요인은 무엇이며, 그렇게 생각한 이유를 설명하시오.

대단원 마무리 301

## 개념 응용하기

1) 완두의 교배 결과 잡종 1대에서 둥근 완두만 나타난 것으로 보아 우열의 법칙이 적용된 것을 알 수 있고, 잡종 2대에서 둥근 완두와 주름진 완두가 3 : 1의 비율로 나타난 것으로 보아 분리의 법칙도 적용된 것을 알 수 있다.
반면, 분꽃에서는 잡종 1대에서 어버이 세대에는 없는 분홍색 분꽃이 나타난 것으로 보아 우열의 법칙이 적용되지 않았다는 것을 알 수 있고, 잡종 2대에서 붉은색, 분홍색, 흰색 꽃이 1 : 2 : 1의 비율로 나타난 것으로 보아 분리의 법칙이 적용되었다는 것을 알 수 있다.

2) 특징 5은 '더듬이가 없음'을 말한다.

3) 색소 결핍증이 열성 형질이고, 색소 결핍증 여성인 2로부터 정상인 5가 태어났으므로 색소 결핍증 유전자는 상염색체에 존재한다고 판단할 수 있다.

4) 자연선택. 그림을 통해 포식자에게 덜 잡아먹히는 빈도가 산업 혁명 이전에는 흰색 나방이, 산업 혁명 이후에는 검은색 나방이, 대기 오염 규제 이후에는 다시 흰색 나방이 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 진화의 요인 중 자연선택과 가장 관계가 깊다고 판단할 수 있다.

## 심화 학습 자연 선택의 경로

(1) **안정화 선택**(stabilizing selection) 중간 정도의 특성을 나타내는 개체가 주로 선택되어 개체 수가 증가하는 유형이다. 이러한 과정은 보통 변동이 없는 안정된 환경에 잘 적응된 개체군에서 주로 나타나는데, 대부분의 개체군은 서식하고 있는 환경에 잘 적응되어 있기 때문에 안정화 선택이 자연선택의 유형 중에서 가장 흔하다.

(2) **방향성 선택**(directional selection) 표현형의 범위 중에서 한쪽 극단의 형질이 많아지는 유형이다. 이것은 한쪽 극단에 있는 개체에게 유리한 환경 변화가 일어나거나 집단이 새로운 환경으로 이주한 경우에 나타날 수 있다. 방향성 선택의 예로는 살충제에 강한 곤충의 진화와 항생제에 내성을 가지는 병원균의 출현이 있다.

(3) **분단화 선택**(disruptive selection) 환경이 변화하여 중간 형질보다 양 극단에 있는 형질이 유리해지는 유형이다. 구리 광산의 폐기물 흙더미에서는 내성 형질이 있는 식물만이 자연선택되고, 폐기물이 없는 곳에서는 내성 형질이 없는 식물만이 자연선택된다.




### 피부색의 유전

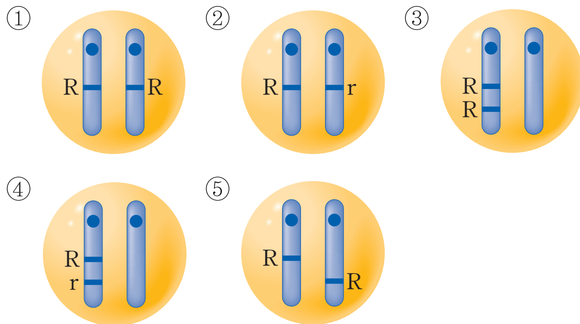
인간의 피부색도 분꽃의 꽃 색깔처럼 중간 유전의 원리를 따르는 것일까? 피부색은 다른 형질처럼 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되는 것이 아니다. 사람의 피부색에 관여하는 대립 유전자는 정확이 몇 쌍인지 알려져 있지 않지만, 이 대립 유전자들 중 검은 피부색을 결정하는 유전자의 수에 의해 피부색이 결정된다. 즉, 검은 피부색을 나타내는 유전자의 수가 많을수록 흑인의 피부색에 가깝고, 흰 피부색을 나타내는 유전자의 수가 많을수록 백인의 피부색에 가까워진다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 흰색 분꽃과 분홍색 분꽃을 교배해서 나오는 자손의 표현형의 비율을 바르게 나타낸 것은?

① 흰색 분꽃 : 분홍색 분꽃 = 1 : 1
② 흰색 분꽃 : 분홍색 분꽃 = 1 : 3
③ 흰색 분꽃 : 붉은색 분꽃 = 1 : 1
④ 흰색 분꽃 : 붉은색 분꽃 = 1 : 3
⑤ 분홍색 분꽃 : 붉은색 분꽃 = 1 : 3

**02** 둥근 완두와 주름진 완두를 교배하였더니 다음 대에서는 둥근 완두와 주름진 완두가 모두 나타났다. 교배에 사용한 둥근 완두의 유전자 위치를 염색체 위에 바르게 나타낸 것은? (단, 둥근 유전자(R)가 주름진 유전자(r)에 대하여 우성으로 작용한다.)




**03** 멘델은 순종의 둥근 완두와 주름진 완두를 교배하여 잡종 1대를 얻은 다음, 이것을 자화 수분시켜 잡종 2대를 얻었다. 이 교배에 적용되는 멘델 법칙을 있는 대로 고른 것은?

① 우열의 법칙
② 우열의 법칙, 분리의 법칙
③ 우열의 법칙, 독립의 법칙
④ 분리의 법칙, 독립의 법칙
⑤ 우열의 법칙, 분리의 법칙, 독립의 법칙

**04** 멘델의 유전 인자와 상동 염색체의 행동 중 공통점을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
>
> ㄱ. 쌍으로 존재한다.
> ㄴ. 생식세포를 형성할 때 분리되어 하나씩 들어간다.
> ㄷ. 수정을 통하여 다시 쌍을 이룬다.

① ㄱ　② ㄱ, ㄴ　③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 염색체에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
>
> ㄱ. DNA와 단백질로 이루어져 있다.
> ㄴ. 상염색체는 암수를 결정하는 데 관여한다.
> ㄷ. 같은 종의 생물들은 체세포에 들어 있는 염색체의 수와 모양이 같다.

① ㄱ　② ㄱ, ㄴ　③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 순종인 씨가 둥글고 황색인 완두와 주름지고 녹색인 완두를 교배하였더니 잡종 1대에서는 모두 둥글고 황색인 완두만 나왔다. 잡종 1대의 둥글고 황색인 완두가 만드는 생식세포의 유전자형을 모두 나타낸 것은?(단, 둥근 유전자를 R, 주름진 유전자를 r, 황색 유전자를 Y, 녹색 유전자를 y로 나타낸다.)

① RY, ry　② Ry, rY
③ rr, yy　④ RR, YY, rr, yy
⑤ RY, Ry, rY, ry

**07** 사람의 유전을 연구하는 데 어려운 점을 설명한 것으로 옳지 않은 것은?

① 임의로 교배 실험을 할 수가 없다.
② 형질에 대한 순종을 구하기가 어렵다.
③ 형질이 간단하여서 연구할 대상으로 부적당하다.
④ 자손의 수가 적어서 통계 처리에 대한 신뢰도가 낮다.
⑤ 한 세대가 너무 길어서 연구 결과를 빨리 알기 어렵고 여러 번 실험을 할 수 없다.

**08** 다음은 어느 가족을 대상으로 PTC 용액에 대하여 쓴맛을 느끼는가를 조사한 것이다(단, 쓴맛을 느끼는 유전자는 T, 쓴맛을 느끼지 못하는 유전자는 t로 나타낸다).

- 할아버지: 쓴맛을 느끼지 못한다.
- 아버지: 쓴맛을 느낀다.
- 어머니: 쓴맛을 느낀다.
- 나(남자): 쓴맛을 느낀다.
- 동생(여자): 쓴맛을 느끼지 못한다.

이 가족의 유전자형을 바르게 나타낸 것은?

① 할아버지: Tt
② 아버지: Tt
③ 어머니: tt
④ 나(남자): tt
⑤ 동생(여자): Tt

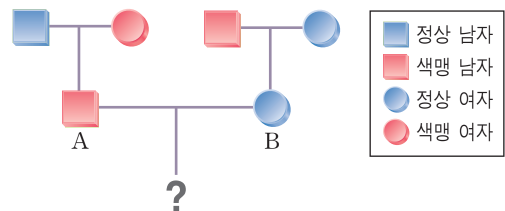
**09** 사람의 유전에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 분리형 귓불이 부착형 귓불에 대해 우성이다.
② ABO식 혈액형의 유전자는 A, B, O의 3가지이다.
③ 혀를 말 수 있는 유전자는 혀를 말 수 없는 유전자에 대해 열성이다.
④ 색맹과 혈우병은 열성으로 유전하며, 유전자는 X염색체 위에 있다.
⑤ 혀말기, 귓불, 미맹, ABO식 혈액형의 유전자는 상염색체 위에 있다.

**10** 색맹과 혈우병 유전의 공통점은?

① 여자에게만 나타난다.
② 유전자가 X염색체 위에 있다.
③ 남자에게만 나타나는 유전병이다.
④ 정상에 대하여 우성으로 유전된다.
⑤ 돌연변이에 의해 나타나는 질병이다.

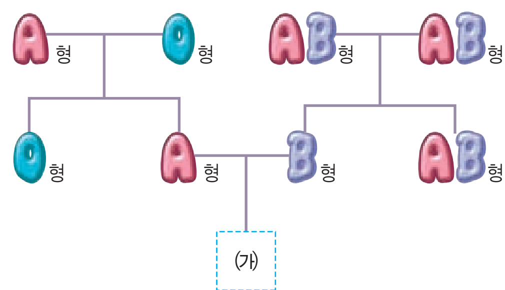
**11** 그림은 어느 집안의 색맹 가계도를 나타낸 것이다.




A와 B 사이에서 태어나는 자녀가 색맹일 확률(%)을 바르게 짝지은 것은?

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|---|---|---|---|---|---|
| 아들: | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 |
| 딸: | 25 | 50 | 50 | 25 | 0 |

**12** 그림은 어느 집안의 ABO식 혈액형에 대한 가계도를 나타낸 것이다.




(가)가 가질 수 있는 표현형과 유전자형을 바르게 짝지은 것은?

| | 표현형 | 유전자형 |
|---|---|---|
| ① | A형, AB형 | AA, AB |
| ② | B형, AB형 | BB, AB |
| ③ | A형, AB형 | AO, AB |
| ④ | B형, AB형 | BO, AB |
| ⑤ | A형, B형, AB형, O형 | AO, BO, AB, OO |

**13** 다음 설명 중 옳지 않은 것은?
① 우리가 열심히 운동하면 근육이 발달하고, 이 형질은 자손에게 전달된다.
② 생명체를 구성하는 물질의 특성을 비교해 보면 생물의 진화 과정을 알 수 있다.
③ 멸종한 종과 현존하는 종 사이의 중간 단계에 해당하는 화석도 진화의 증거가 된다.
④ 화석을 통해 화석이 생성될 당시에 살던 생물의 특징과 진화 과정을 추측할 수 있다.
⑤ 사람이 가축을 여러 가지 품종으로 변화시키는 것도 진화가 일어날 수 있다는 증거가 된다.

**14** 다음 중 상사 기관의 관계에 해당하는 것은?
① 기러기의 날개-박쥐의 날개
② 메뚜기의 날개-박쥐의 날개
③ 사람의 팔-고래의 가슴지느러미
④ 박쥐의 날개-고래의 가슴지느러미
⑤ 물개의 가슴지느러미-고래의 가슴지느러미

**15** 그림은 진화의 증거 중 하나를 나타낸 것이다.




이것으로 알 수 있는 것은?
① 사용하는 기관은 점점 발달한다.
② 사용하지 않는 기관은 점점 퇴화한다.
③ 조상은 다르지만 점점 비슷하게 진화되었다.
④ 기본 구조는 다르나 모양과 기능이 비슷하다.
⑤ 기본 구조는 같으나 모양과 기능이 서로 다르다.

**16** 기린 목의 진화에 대하여 다음과 같이 설명하는 진화설은?

- 오래전 기린의 목 길이는 다양하였다.
- 긴 목을 가진 기린이 먹이를 얻기에 유리하여 살아남았다.
- 결국 목이 긴 기린으로 진화하였다.

① 격리설 ② 용불용설
③ 자연선택설 ④ 돌연변이설
⑤ 오늘날의 진화론

**17** 오스트레일리아 대륙에서는 다른 대륙에서 볼 수 없는 캥거루, 오리너구리, 코알라 등이 살고 있다. 이와 가장 관련이 깊은 진화설은?
① 격리설 ② 용불용설
③ 자연선택설 ④ 돌연변이설
⑤ 오늘날의 진화론

**18** 다음 중 다윈의 자연선택설을 단계적으로 바르게 나타낸 것은?
① 자연선택 → 개체 변이 → 적자생존 → 생존 경쟁
② 개체 변이 → 생존 경쟁 → 적자생존 → 자연선택
③ 개체 변이 → 자연선택 → 적자생존 → 생존 경쟁
④ 적자생존 → 자연선택 → 개체 변이 → 생존 경쟁
⑤ 생존 경쟁 → 적자생존 → 개체 변이 → 자연선택

**19** 어떤 두 종류의 포유류를 인위적으로 교배시켰더니 생식 능력이 없는 자손이 태어났다. 이 둘의 관계는?

① 같은 속, 다른 종이다.
② 다른 속, 같은 종이다.
③ 같은 과, 다른 속이다.
④ 다른 과, 같은 종이다.
⑤ 같은 과, 다른 종이다.

**20** 다음은 사자와 호랑이의 학명을 나타낸 것이다.

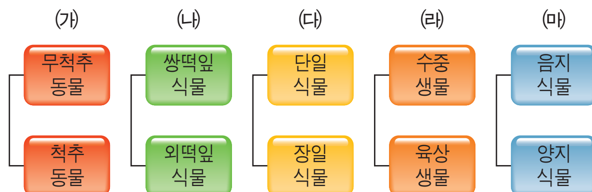
- 사자: *Felis leo* Linné
- 호랑이: *Felis tigris* Brass

위의 학명에 대하여 바르게 설명한 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 사자의 종명은 *Felis*이다.
ㄴ. 호랑이의 과명은 *tigris*이다.
ㄷ. 사자와 호랑이는 같은 속에 속한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

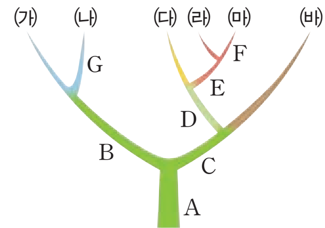
**21** 다음은 생물을 분류하여 나타낸 것이다.




(가)~(마) 중에서 생물 상호 간의 유연관계와 진화 계통에 따라 생물을 분류한 것을 있는 대로 고른 것은?

① (가), (나) ② (다), (라)
③ (가), (나), (다) ④ (나), (다), (마)
⑤ (다), (라), (마)

**22** 그림은 6종의 생물 (가)~(바) 사이의 계통수를 나타낸 것이다.




위 계통수에 대하여 바르게 설명한 것은?

① 특징 B는 (가)와 (나)가 가지고 있다.
② 특징 D는 (다)~(바)가 가지고 있다.
③ (마)는 (라)보다 (다)와 유연관계가 더 가깝다.
④ 6종의 생물이 공통적으로 가지고 있는 특징은 B이다.
⑤ (가)와 (바)를 교배하면 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있다.

**23** 표는 생물을 분류하는 5계의 특징을 나타낸 것이다.

| 구분 | 핵 | 엽록소 | 체제 |
|---|---|---|---|
| (가) | 없음 | 있음/없음 | 단세포 |
| (나) | 있음 | 있음/없음 | 단세포, 다세포 |
| (다) | 있음 | 있음 | 다세포 |
| (라) | 있음 | 없음 | 다세포 |
| (마) | 있음 | 없음 | 다세포 |

(나)에 해당하는 것은?

① 균계 ② 동물계 ③ 식물계
④ 원생생물계 ⑤ 원핵생물계

**24** 다음 중 고사리와 소나무의 공통점은?

① 꽃이 핀다.
② 포자로 번식한다.
③ 쌍떡잎을 가진다.
④ 관다발을 가진다.
⑤ 형성층이 발달한다.

# Ⅶ 외권과 우주 개발

❖ 이 단원에서는

우리는 밤하늘에 떠 있는 수없이 많은 별들을 본다. 이 별들이 모여 은하를 형성하는데, 우리가 살고 있는 태양계 또한 우리은하에 포함되어 있다. 은하는 빛의 속도로 수천 년을 가도 벗어나지 못할 정도의 거대한 공간이다.

이 단원에서는 별과 별자리에 대한 기본적인 내용을 이해하고, 성운과 성단, 은하에 대해 알아보자. 또한 우주의 기원을 설명하는 빅뱅 우주론을 살펴보고, 지금까지 이루어진 우주 탐사의 역사와 다양한 관련 직업에 대해 알아보자.

허블(Hubble, E. P. : 1889~1953)



1889년 미국 미주리 주 마시필드에서 태어났다. 1910년 시카고 대학교를 수학·물리·철학 전공으로 졸업하고, 영국 옥스퍼드 대학에서 유학하였다. 잠시 변호사로 일하던 그는 천문학에 흥미를 느껴 1914년부터 여키스 천문대에서 천체 관측을 시작했고, 1917년 시카고 대학교에서 천문학 학위를 받았다.

1920년대 초에 나선 은하 속에서 세페이드 변광성을 발견하고, 이로부터 이들이 우리은하 밖에 위치한다는 사실을 알아냈다. 또한 1929년에는 은하들이 서로 멀어지는 속도는 은하의 거리에 비례한다는 '허블 법칙'을 발견했다.



궤도 운행 중인 허블 우주 망원경

1 별

2 은하와 우주

302 303

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 때 태양계와 별의 구성에 대한 기본 내용을 배웠고, 앞의 Ⅲ 단원에서 태양, 행성, 그리고 지구의 위성인 달의 기본적인 특징과 관측 방법에 대해 학습하였으며, 행성과 위성을 구분하고, 행성을 특징에 따라 분류하였다. 또 태양의 활동이 지구계에 미치는 영향과 이 때문에 나타나는 현상을 이해하고, 천체 망원경의 사용법을 학습하여 태양, 달 등의 천체를 관측하고, 그 특징을 알게 하였다.

이 단원에서는 별의 위치와 별자리, 별의 특징, 우리은하와 우주, 우주 개발에 대해 다룬다. 우리은하에 대한 이해를 통해 우주에 대한 흥미와 호기심을 갖게 한다. 또한 과학적 증거를 통해 우주는 팽창하고 있음을 학습한다. 우주 개발의 목적과 우주 탐사의 역사를 학습하고, 우주 개발에 따른 영향과 문제점을 알게 한다.

## ▶ 단원 학습 위계

### 이미 배운 내용

| | |
|---|---|
| 초등학교 5~6학년군 | • 태양계와 별 |
| 중학교 ③ | • 지구, 달, 태양<br>• 태양계 탐사 |



### 이번에 배울 내용

• 계절에 따른 별자리
• 별의 거리, 밝기, 등급, 표면 온도
• 우리은하와 우주의 팽창
• 우주 탐사와 인공위성 개발



### 다음에 배울 내용

| | |
|---|---|
| 고등학교 | • 우주의 기원<br>• 별과 은하 |
| 고등학교 지구 과학 Ⅰ | • 우주 탐사 |
| 고등학교 지구 과학 Ⅱ | • 별의 특성<br>• 우리은하<br>• 은하와 우주 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 하늘에서 별의 위치를 확인하고, 계절에 따라 관측할 수 있는 별자리가 다름을 안다.
(나) 별의 거리를 측정하는 방법을 알고, 가까운 별의 거리는 연주 시차로 측정한다.
(다) 별의 밝기와 등급으로 절대 등급과 겉보기 등급의 개념을 안다.
(라) 별의 표면 온도에 따라 별의 색깔이 다름을 이해한다.
(마) 우리은하의 모양과 크기를 알고, 우리은하는 성단, 성운, 성간 물질로 구성됨을 안다.
(바) 우주가 팽창하고 있음을 근거를 통해 이해한다.
(사) 인류의 우주 개발과 우주 탐사의 역사를 알고, 이와 관련된 직업 세계를 안다.
(아) 인공위성의 개발과 이용이 우리 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 시차 측정하기
(나) 우주 과학과 관련된 직업 세계 탐색하기
(다) 우주 정거장을 설계하기

## 단원 지도상의 유의점

1 별자리판을 이용한 탐구 활동을 통하여 별을 찾을 수 있도록 한다.
2 탐구 활동을 통하여 별의 연주 시차와 거리의 관계를 이해하도록 한다.
3 별의 거리와 연주 시차와의 관계, 별의 밝기와 등급, 별의 표면 온도와 색과의 관계를 이해하도록 한다.
4 우리은하의 중심부에는 막대 구조가 있음을 이해하도록 한다.
5 성단과 성운은 우리은하를 구성하는 천체임을 알도록 하고, 여러 가지 성단과 성운은 사진을 보며 이해하도록 한다.
6 오리온 대성운과 말머리성운이 어느 별자리에 있는지 알 수 있도록 하고, 별자리를 이용하여 밤하늘에서 위치를 찾을 수 있도록 한다.
7 우주를 구성하는 기본 단위가 은하임을 알도록 한다.
8 외부 은하의 적색 편이를 통해 우주가 팽창하고 있음을 알 수 있도록 한다.
9 우주 탐사와 관련된 서적이나 동영상 자료를 활용하여 지도하도록 한다.
10 인공위성이 우리 생활에 미치는 영향을 알도록 한다.
11 우주 개발의 목적과 장점 이외에도 우주 개발의 영향과 문제점도 함께 알도록 지도한다.
12 우주 개발과 관련된 직업에 대하여 알도록 한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 역, 시그마프레스
2. 과학 교사를 위한 현대 천문학 강좌(2004), 김봉규 외 2저, 동양 문화사

### ■ 읽을 책_학생용

1. 별자리와 우주(2008), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아
2. 우주 콘서트(2007), 태의경 저, 동아시아
3. 우주에서 이소연입니다(2008), 김호진 저, 샘터
4. 우주로의 여행2(1998), 윤홍식 저, 청범 출판사
5. 지구와 우주(신화에서 별자리까지)(2005), 알랭 시루 외 1저, 전세철 역, 북스캔
6. 체험 우주 정거장(미래의 우주 과학자들이 반드시 읽어야 할 책)(2007), 메리앤 디슨 저, 하정임 역, 다른

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국천문연구원: http://www.kasi.re.kr
2. 한국 과학 창의 재단 사이언스올: http://www.scienceall.com
3. 한국항공우주연구원: http://www.kari.re.kr
4. 국립 중앙 과학관: http://www.science.go.kr
5. 국립 고흥 청소년 우주 체험 센터: http://www.nysc.or.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ⅶ-1 별 | 1 별의 위치와 별자리 | 7 | 1~3 /17차시 | • 별의 위치<br>• 이미지 사이언스: 오래된 별자리, 아득이 돌판<br>• STEAM: 우리 조상들의 별자리와 천문학<br>• 별자리판을 이용한 별자리 찾기<br>• 탐구 활동: 별자리판을 이용한 별 찾기<br>• 계절에 따른 별자리<br>• 체험 활동: 인터넷을 이용하여 별자리판을 만나 보자. |
| | 2 별의 특징 | | 4~7 /17차시 | • 별의 거리와 연주 시차<br>• 탐구 활동: 시차와 거리의 관계<br>• 과학 자료실: 천문학에서 사용하는 거리 단위<br>• 별의 밝기와 등급<br>• 별의 색과 표면 온도 |
| Ⅶ-2 은하와 우주 | 1 우리은하 | 9 | 8~10 /17차시 | • 우리은하의 모양과 크기<br>• 우리은하의 구성 |
| | 2 외부 은하와 우주 | | 11~13 /17차시 | • 외부 은하<br>• 이미지 사이언스: 은하의 중심에는 무엇이 있을까?<br>• 보충 · 심화: 우주에서의 교통사고–은하 충돌<br>• 팽창 우주<br>• 보충 · 심화: 우리은하에 대한 생각의 변화 |
| | 3 우주 개발 | | 14~16 /17차시 | • 우주 개발의 목적<br>• 우주 탐사의 역사<br>• 탐구 활동: 우주 정거장 설계하기<br>• 우리나라의 우주 개발<br>• 인공위성과 우리 생활<br>• 우주 개발의 영향과 문제점<br>• STEAM: 우주 개발을 위협하는 우주 쓰레기<br>• 우주 개발과 관련된 직업의 세계<br>• 탐구 활동: 우주 개발과 관련된 직업의 세계 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 17/17차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
| --- | --- | --- | --- |
| 조사<br>실험<br>관찰 | • 별자리에 얽힌 설화에 관하여 보고서법으로 평가한다.<br>• 별자리판의 사용법을 익혀서 별자리판의 별자리와 밤하늘에 나타난 별자리를 서로 비교하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 각 계절에 관측할 수 있는 별자리에 관하여 보고서법으로 평가한다.<br>• 인터넷 사이트를 이용해 계절에 따른 별자리를 찾아보는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다. | 306~315 | 350~359 |
| 실험<br>관찰<br>조사 | • 시차의 의미를 알고, 실험 도구를 이용하여 실험실에서 시차를 측정한 후, 눈과 연필 사이의 거리와 시차와의 관계를 알아보는 과정을 보고서로 작성하게 하여 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 천문학에서 사용하는 거리 단위를 보고서법으로 평가한다.<br>• 별의 밝기와 등급, 색과 표면 온도 사이의 관계를 보고서법으로 평가한다. | 316~325 | 360~369 |
| 조사<br>토의 | • 우리은하의 모양과 크기를 조사하고, 은하의 모양에 따라 구분하는 과정을 토론법으로 평가한다.<br>• 우리은하를 구성하고 있는 물질에 관하여 보고서법으로 평가한다. | 328~331 | 370~373 |
| 조사<br>실험<br>토의 | • 외부 은하를 모양에 따라 분류할 수 있는지 보고서법으로 평가한다.<br>• 풍선 실험을 통해 팽창하는 우주 모형을 만들어 보고, 실제로 팽창하는 우주와 비교하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 우주가 팽창하고 있는 증거에 대해 토론법으로 평가한다. | 332~339 | 374~381 |
| 조사<br>실험<br>토의 | • 우주 탐사의 역사에 관하여 보고서법으로 평가한다.<br>• 현재의 우주 정거장의 구성과 우주 정거장에서 하는 일을 조사한 후, 가능한 한 구체적이고 세밀하게 우주 정거장을 설계해 보는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 우리나라는 우주 개발을 위해 어떤 사업을 펼치고 있는지 보고서법으로 평가한다.<br>• 인공위성이 실생활에서 어떻게 이용되고 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 우주 쓰레기를 줄일 수 있는 방안에는 무엇이 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 우주 개발과 관련된 직업에는 무엇이 있는지 보고서법으로 평가한다. | 340~353 | 382~395 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 354~357 | 396~399 |

# 1-1 별의 위치와 별자리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 별자리판을 이용한 탐구 활동을 통하여 별의 위치를 찾는 방법을 알고, 계절에 따라 관측할 수 있는 별자리가 다름을 안다.

(2) 탐구 활동을 통하여 별의 연주 시차와 거리의 관계를 안다.

(3) 별의 밝기와 등급, 별의 표면 온도와 색과의 관계를 안다.

## | 학습 전개 |

별의 위치를 확인할 수 있는 방법으로 별자리가 만들어졌음을 생각하게 한다.



계절에 따른 별자리를 찾아보고, 별자리의 변화와 지구 공전과의 관계를 알아보게 한다.



별의 거리와 시차, 겉보기 등급과 절대 등급, 표면 온도와 색이 어떤 관계가 있는지 이해하도록 한다.

**찾아보기**

- 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr
- 한국 과학 창의 재단 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 역, 시그마프레스
- 별자리와 우주(2008), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아
- 과학 교사를 위한 현대 천문학 강좌(2004), 김봉규 외 2저, 동양 문화사

# 1-1 별의 위치와 별자리



맑은 날 밤, 불빛이 적은 곳에서는 수많은 별들이 흩어져 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 별들의 위치를 잘 기억할 수 있는 방법은 없을까? 또 별들의 위치는 계절에 따라 어떻게 달라질까?

**학습 목표**

- 별의 위치를 찾는 방법을 설명할 수 있다.
- 계절에 따라 관측할 수 있는 별자리가 다름을 설명할 수 있다.

오래전부터 사람들은 밤하늘의 밝은 별들을 가상의 선으로 이어서 모양을 만들고, 여러 가지 물건이나 동물 또는 신화 속에 나오는 주인공의 이름을 붙였는데, 이를 별자리라고 한다. 별자리에는 어떤 것들이 있으며, 밤하늘에서 별을 찾을 때 별자리는 어떻게 이용될까?

### 별의 위치

조선 시대 초기에 우리 조상들은 천상열차분야지도라는 천문도를 만들었는데, 이것은 돌에 별자리의 위치를 새겨 만든 것으로서, 세계적으로 오래된 천문도 중의 하나이다. 이 천문도 안에는 많은 별들과 별자리들이 기록되어 있다. 현재 우리가 사용하고 있는 1만 원권 지폐의 뒷면에는 혼천의와 함께 천상열차분야지도의 일부가 그려져 있다. 우리 조상들은 이러한 천문도를 통해 별의 위치를 더욱 잘 파악할 수 있었다.

**용어 혼천의**
천체의 운행과 위치를 측정할 때 사용하던 천문 관측 기기이다. 1669년에 송이영은 세계에서 처음으로 혼천의를 시계 장치와 결합하여 혼천 시계를 제작하였다.

그림 Ⅱ-1 1만 원권 지폐에 실린 과학 기구




306

## 과학 돋보기

### 동서양의 별자리

(1) **동양의 별자리** 　별자리 구성이나 연결 모양이 현재 우리가 사용하고 있는 서양식 별자리와는 많이 다르다. 예로부터 동양에서는 하늘의 세계와 땅의 세계를 똑같이 여겼으며, 하늘에 나타난 현상을 보고 미래의 길흉화복을 점쳤다. 그래서 동양의 별자리에는 왕, 신하, 백성, 정육점, 보석 가게, 대장간 등 인간 사회의 모습이 그대로 반영되어 있다.



소주 천문도(중국 남송 시대)

이렇게 무수히 많은 별 중에서도 동양 별자리의 중심은 북극성이다. 북극성이 있는 주위를 3원이라고 하며, 자미원, 태미원, 천시원으로 구분했다. 또 달의 주기가 27.32일인 것을 고려해 3원을 제외한 하늘을 28개의 영역으로 나누고, 이를 28수라고 했다. 소주 천문도에는 3원 28수가 잘 나타나 있는데, 이것은 동양의 별자리 체계를 갖춘 현존하는 가장 오래된 석각 천문도이다.

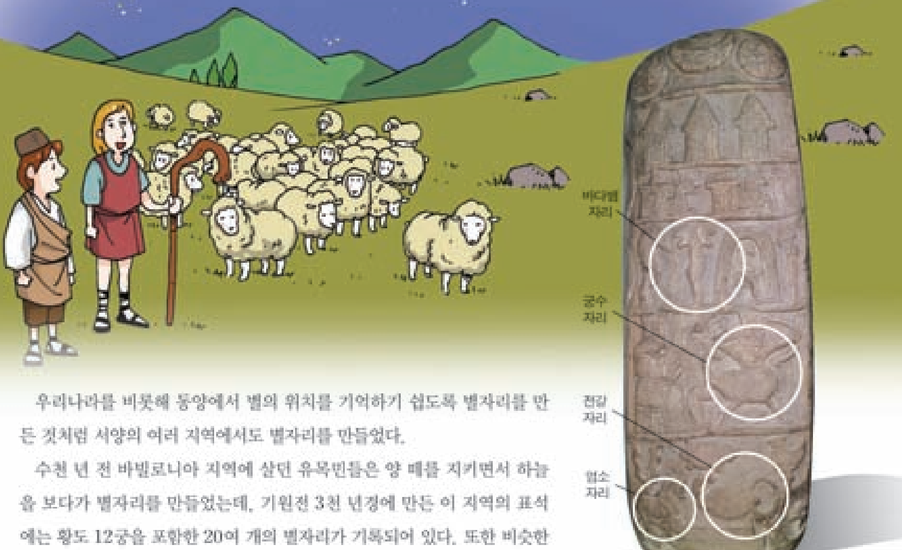



그림 Ⅶ-2 고대 바빌로니아의 표석

우리나라를 비롯해 동양에서 별의 위치를 기억하기 쉽도록 별자리를 만든 것처럼 서양의 여러 지역에서도 별자리를 만들었다.

수천 년 전 바빌로니아 지역에 살던 유목민들은 양 떼를 지키면서 하늘을 보다가 별자리를 만들었는데, 기원전 3천 년경에 만든 이 지역의 표석에는 황도 12궁을 포함한 20여 개의 별자리가 기록되어 있다. 또한 비슷한 시기에 고대 이집트에서도 43개의 별자리를 기록하였다고 한다.

그 후 바빌로니아와 이집트의 천문학이 그리스로 전해지면서 별자리 이름에 그리스 신화 속의 신과 영웅, 동물들의 이름이 더해졌다. 또한 남반구의 별자리가 알려지고, 망원경에 의한 천체 관측이 발달하면서 더욱 많은 별자리가 정해졌다.

현재 사용하고 있는 별자리는 1928년 국제 천문 연맹에서 정한 것으로, 모두 88개의 별자리가 있다. 우리나라에서는 이 중 50여 개의 별자리를 관측할 수 있다.

**이미지 사이언스 오래된 별자리, 아득이 돌판**



충청북도 청원의 아득이 마을에서 청동기 시대의 고인돌 유적을 발굴하던 중 발견된 돌판으로서, 65개의 구멍은 작은곰자리, 용자리, 세페우스자리 등 북두칠성 주변의 별자리를 새긴 것이라고 한다.



1. 별 307

(2) **서양의 별자리** 약 5천 년 전, 불빛도 없던 메소포타미아 지방에서 양 떼를 치던 목동들이 별빛을 벗삼아 별자리 이야기를 만들기 시작한 것이 서양 별자리의 시초이다. 이 지역에서 발견된 B.C. 3000년경의 표석에는 양 · 황소 · 쌍둥이 · 게 · 사자 · 처녀 · 천칭 · 전갈 · 궁수 · 염소 · 물병 · 물고기자리 등 태양과 행성이 지나는 길목에 위치하는 황도 12궁을 비롯해 20여 개의 별자리가 기록되어 있다. 이후, 그리스 인은 이 별자리에 그리스 신화를 엮어서 밤하늘 별자리를 신화로 만들었다. A.D. 2세기경에 프톨레마이오스가 "알마게스트"라는 책에서 별자리를 48개로 정리했던 체계가 오늘날까지 전해진다.

15세기 이후에는 남반구의 별자리가 추가되면서 혼란을 막기 위해 1930년에 세계의 천문학자들이 모여 황도 부근의 12개, 북반구의 28개, 남반구의 48개를 합쳐 모두 88개의 별자리로 그 체계를 정립했다.

(3) **동서양의 별자리 비교** 동양과 서양은 하늘을 보는 기준이 달랐다. 서양은 태양을 신성한 존재로 여겨 태양이 지나다니는 길을 매우 특별한 의미로 여겼기 때문에 황도를 기준으로 별자리를 구분했고, 동양은 북극성을 중심으로 적도 기준선을 따라 달이 지구를 도는 공전 주기인 28일에 맞춰 별자리를 나누고, 적도 부근을 12개로 나누었다. 즉, 서양은 황도 좌표계가 중심이 되었던 반면에, 동양은 적도 좌표계 중심의 별자리가 발달했다.

**학습 자료실**

## ❀ 혼천의

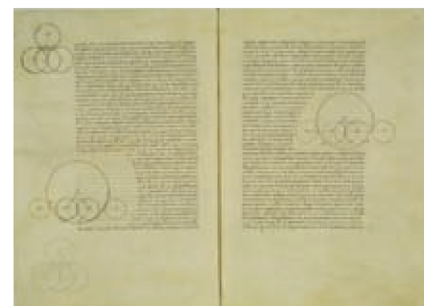
혼천의의 가운데 있는 둥근 물체는 지구이고, 지구를 감싸고 있는 테두리는 하늘을 돌고 있는 행성들을 나타낸 것이다. 자세히 보면 오른쪽 위로 튀어나온 축이 톱니바퀴 모양으로 되어 있다. 원래 혼천의는 중국에서 만든 기기이지만, 1만 원권 지폐에 그려진 것은 1669년 조선의 천문학자 송이영이 혼천의를 시계 장치와 결합하여 만든 혼천시계의 일부이다.



혼천의

## ❀ 알마게스트

지동설이 나오기 전까지 약 1500년 동안 위대한 천문학자로 존경받던 프톨레마이오스가 고대 그리스와 바빌로니아의 천문학 이론을 담은 천문서이다. 천동설을 정밀하게 설명한 천문학 책으로 그 가치를 인정받았고, 가장 위대한 책이란 뜻의 "알마게스트"라는 이름을 붙였다. 이 책은 행성들의 위치나 천문 계산이 놀라울 정도로 정확했고, 천문학자뿐만 아니라 점성술가와 항해사도 인정할 정도였다. 지동설이 나오기 전이었던 당시 상황에서 행성들의 움직임을 정확히 계산했다는 것은 놀라운 일이었다. 또한 대기의 빛 굴절, 등속으로 움직이지 않는 달의 운동도 발견했다고 적혀 있다.



알마게스트 번역본

## 융합 STEAM

천상열차분야지도에 새겨진 별자리 중 붉은색으로 표시한 7개의 별은 북두칠성을 나타낸다.



### ❀ 고구려의 별자리

고구려는 풍부한 천문 자료를 남겼는데, 현재까지 발견된 110기 가량의 고구려 고분 벽화 중 25기에 고구려인들이 관찰했던 별자리가 발견되었다. 그림은 5세기에 만들어진 덕흥리 고분 벽화에 나오는 별자리이다.



Ⓐ 덕흥리 고분 벽화의 별자리

## 우리 조상들의 별자리와 천문학

밤하늘의 별들은 옛날 사람들에게 길을 안내하고 시간과 계절을 알려 주는 중요한 역할을 했다. 따라서 사람들은 별의 위치를 잘 기억해 둘 필요가 있었고, 이를 위해 별자리를 만들었다.

수천 년 전의 고대 이집트나 바빌로니아에서 별자리가 사용되었던 것처럼 동양에서도 오래전부터 별자리가 있었다. 우리나라에서도 고구려 시대의 고분 벽화에 북두칠성을 비롯한 여러 가지 별자리가 그려져 있는 것을 볼 수 있다. **천상열차분야지도**는 고구려 시대의 천문도를 토대로 조선 태조 때 처음으로 제작된 천문도이다. 여기에는 1,467개의 별들로 이루어진 293개의 별자리가 큰 원 안에 그려져 있다. 별들의 위치는 대부분 약 2천 년 전의 것이고, 일부는 약 7백 년 전의 것임이 밝혀졌다. 이후 천상열차분야지도를 바탕으로 여러 천문도가 만들어져 사용되었다.

또한 서양의 별자리와 같이 우리나라에서도 여름철의 견우성과 직녀성, 북쪽 하늘의 북두칠성 등에 많은 전설이 담겨져 있다. 이와 같이 별들은 아주 오랜 옛날부터 인류에게 시계와 나침반 역할을 하였으며, 한편으로는 문학 작품의 소재가 되어 항상 우리 곁에 가까이 있었다.

Ⓞ 고구려 덕흥리 1호분 남방 천장 벽화에 새겨진 별자리





붉은색으로 표시한 7개의 별을 무엇이라고 하는가?

Ⓞ 천상열차분야지도 각석(재현)



### ❀ 별자리 고인돌

일반적으로 고인돌 밑에는 직사각형 모양의 석관 또는 구덩이가 있고, 그 위를 덮개돌로 덮어 놓는데, 이 덮개돌에는 반구형의 홈이 파여져 있는 경우가 많다. 고인돌 무덤에 새겨진 홈 구멍의 배열 상태를 조사한 결과 별자리와 거의 일치한다는 것을 발견하고 '성좌도' 라는 결론을 내렸다.



Ⓐ 황해남도 은천군 정동리의 고인돌

### 참고 자료 천상열차분야지도(天象列次分野之圖)





Ⓐ 천상열차분야지도

태조 이성계가 고구려 시대의 천문도 인본을 구하였는데, 이 천문도의 연대가 오래되어 별의 위치에 오차가 있어, 이를 수정하여 새 천문도를 만든 것이 천상열차분야지도이다.

천상열차분야지도는 하늘의 모양을 '차' 라고 하는 12구역으로 배열하고, 땅을 하늘과 관련지은 '야' 로 나눈 천문도라는 뜻이다.

태조 때 만든 천상열차분야지도는 가로 122.8 cm, 세로 200.9 cm의 흑요석에 293개의 별자리와 1,467개의 별들이 밝기에 따라 다른 크기로 새겨져 있는 석각 천문도이다. 그 후 숙종 때 천상열차분야지도를 다시 돌로 제작하였고, 이를 본떠서 만든 목판본과 필사본이 현재 다수 존재한다.

달이나 행성, 별 등 천체의 위치를 나타낼 때 흔히 '서쪽 하늘에서 상현달을 보았다.', '남쪽 하늘 중천에 시리우스가 밝게 빛나고 있다.' 등으로 표현한다. 그러나 이런 방식으로 천체의 위치를 정확히 나타내기는 어렵다.

그러면 하늘에 보이는 별자리의 위치를 쉽게 나타내는 방법에는 무엇이 있을까?

별자리의 위치를 나타낼 수 있는 편리한 방법에는 지평 좌표계가 있다. **지평 좌표계**는 관측자를 기준으로 하여 방위각과 고도를 이용해 천체의 위치를 나타내는 좌표계이다. 일반적으로 **방위각**은 북쪽으로부터 지평선을 따라 시계 방향으로 잰 각도이고, **고도**는 지평선으로부터 그 천체까지의 높이를 잰 각도이다.

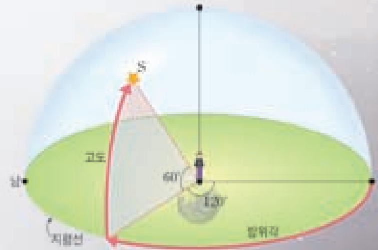


그림 Ⅶ-3 지평 좌표계로 천체의 위치 나타내기 방위각은 0°~360°, 고도는 0°~90° 사이의 각도로 나타낸다. 예를 들어, 별 S의 위치는 방위각 120°, 고도 60°로 표현할 수 있다.

**별자리판을 이용한 별자리 찾기**

밤하늘에 보이는 별자리는 지역이나 계절에 따라 달라질 뿐만 아니라 관측 시각에 따라서도 달라진다. 그러므로 우리가 살고 있는 지역에서 특정한 시각에 특정한 별자리를 찾기는 쉽지 않다. 이런 경우 별자리판을 이용하면 어렵지 않게 별자리를 찾을 수 있다. 별자리판을 이용하여 계절에 따른 별자리를 찾아보자.

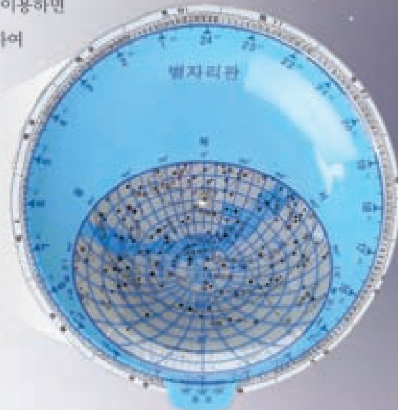


그림 Ⅶ-4 별자리판

309

## 과학 돋보기

### 지평 좌표계

지평 좌표계는 관측자를 중심으로 천체의 위치를 표시하기 위해 사용되는 좌표계이므로, 관측자는 지평 좌표계를 이용하여 천체의 위치를 쉽게 나타낼 수 있다. 그러나 관측자의 위치가 바뀌면 방위각과 고도를 측정하는 기준이 달라지므로 지평 좌표값도 달라진다. 또 관측 시각이 달라지면 천체의 위치가 달라지기 때문에 지평 좌표값이 달라진다.

### 별자리판

(1) **구조** 앞판과 뒤판으로 구성되어 있다. 앞판에는 시각 눈금이 있는데, 오후 7시는 19시, 오후 10시는 22시로 표시되어 있고, 뒤판에는 월 · 일 눈금과 별자리들이 표시되어 있다. 회전축은 북극성에 해당되며, 손잡이는 별자리판을 돌리는 데 사용한다. 타원형으로 나타난 부분은 별자리를 보는 곳으로서, 방위가 표시되어 있다. 북극성을 중심으로 원이 그려져 있는 곳은 북쪽 하늘의 모습을 나타낸 것이다.

(2) **방위** 동쪽과 서쪽이 바뀌어 있다. 그러나 이 별자리판을 하늘을 향하게 해서 보면 4방위가 일치한다.

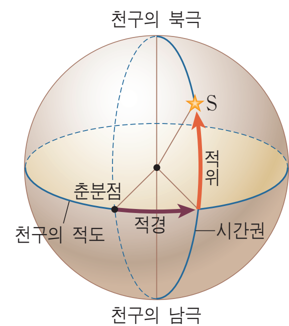
## 학습 자료실

### 적도 좌표계

항성의 적도 좌표의 값은 시간에 따라 변하지 않지만, 적도와 춘분점이 세차 운동과 장동 운동으로 움직이고, 항성도 공간에서 고유 운동을 하기 때문에 실제로는 조금씩 움직이고 있다.

(1) **적경** 춘분점을 기준으로 천구의 적도를 따라 시계 반대 방향으로 천체의 시간권까지 잰 값($0^h \sim 24^h$)

(2) **적위** 천구의 적도면에서 천체까지의 각을 시간권을 따라 남북 방향으로 잰 값($0^\circ \sim \pm 90^\circ$)



적도 좌표계

### 황도 좌표계

황도와 천구의 적도는 춘분점과 추분점에서 교차하는데, 천문학에서는 이들 중에서 춘분점을 황도의 기준점으로 사용하고 있다. 일반적으로 황도 좌표계는 태양계 내의 천체의 위치를 측정하는 데 쓰인다.

(1) **황경** 황도 상에서 춘분점으로부터 동쪽으로 잰 각거리($0^\circ \sim 360^\circ$)

(2) **황위** 황도 상에서 황도 북극과 황도 남극 쪽으로 잰 각거리($0^\circ \sim \pm 90^\circ$)

### 은하 좌표계

우리은하 안에 있는 별들이나 다른 천체들 간의 관계를 나타낼 때에는 은하 좌표계를 사용하는 것이 편리하다.

(1) **은경** 은하 중심 방향으로부터 은하 적도를 따라 동쪽으로 잰 각($0^\circ \sim 360^\circ$)

(2) **은위** 은하 적도에서 은하 북극과 은하 남극 쪽으로 잰 각($0^\circ \sim \pm 90^\circ$)

## 탐구 활동 관찰

### | 목표 |

별자리판의 사용법을 익혀 실제로 밤하늘에서 별자리를 찾을 수 있다.

### | 원리 설명 |

별자리판의 월, 일, 시의 눈금을 관측하려고 하는 월, 일, 시와 맞추면 별자리판에서 그 때의 밤하늘에서 볼 수 있는 별들이 나타난다.

### | 유의점 |

1 관측 장소는 최대한 어두운 곳을 택하여 관측한다.
2 별자리판은 북반구에서 사계절에 걸쳐 볼 수 있는 별자리를 나타낸 것임을 알게 한다.
3 별자리판의 회전 중심(축)은 북극성을 나타낸 것이고, 별자리가 그려져 있는 타원형의 가운데는 내가 있는 곳의 바로 머리 위(천정)를 나타낸 것이다.
4 별자리판은 방위가 동쪽과 서쪽이 바뀌어 있음을 알리고, 지도를 볼 때와 반대로 하늘을 향해 놓고 봐야 함을 알게 한다.

---

**탐구 활동** 별자리판을 이용한 별 찾기

**목표**

별자리판의 사용법을 익혀 실제로 밤하늘에서 별자리를 찾을 수 있다.

**준비물**

별자리판, 나침반, 붉은색 셀로판지, 손전등

**과정**

❶ 별자리판에서 월·일·시의 눈금을 관측하고자 하는 날짜와 시각에 맞춘다.

- 예를 들어, 12월 5일 밤 9시의 별자리를 관측하기 위해서는 월·일 눈금이 12월 5일인 곳과 시각 눈금 21시가 일치하도록 판을 돌려 맞춘다.

❷ 손전등의 앞부분을 붉은색 셀로판지*로 감싸서 준비한다.

- 손전등의 불빛이 너무 밝으면 어두운 밤하늘에 눈이 익숙해지기 어렵기 때문이다.

**탐구 도우미**

1. 별자리판은 둥근 하늘의 별자리를 평면으로 고쳐서 그려 놓았기 때문에 남쪽과 북쪽의 별자리 모양이 실제보다 납작하게 표현되어 있다.
2. 별의 위치를 나타낼 때에는 지평 좌표계를 사용한다.

**결과** 창의·인성

1 오늘 밤 관측하려는 시각에 볼 수 있는 별자리에는 어떤 것들이 있는지 별자리판에서 찾아 그 모양을 그려 보자.

310 Ⅶ. 외권과 우주 개발

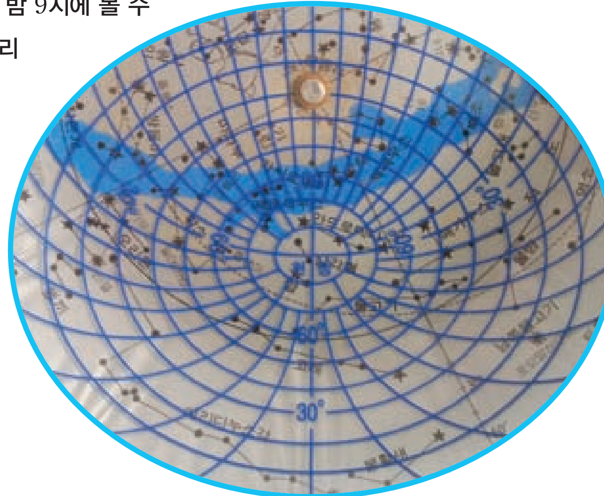
---

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 계절별로 대표적인 별자리와 별에는 무엇이 있는지 사전에 과제로 제시한다.
2 별자리판의 사용 방법을 익히기 위해 관측 날짜와 시각을 달리하여 눈금 맞추는 연습을 여러 번 실시한다.
3 야외에서 실습을 할 때 사용하는 손전등의 불빛을 셀로판지 등으로 싸서 붉은 빛으로 만들어 사용해야 눈이 어둠에 익숙하게 되어 별을 잘 볼 수 있다.
4 별을 관측할 때에는 사방이 트이고, 지형이 편평한 곳이 좋다. 그리고 도시 불빛의 영향을 받지 않는 어두운 곳이 좋다. 강이나 호수 근처는 안개가 자주 끼므로 좋지 않다.

### | 결과(예시) | 창의·인성

1 12월 5일 밤 9시에 볼 수 있는 별자리



관찰

❸ 사방이 트이고 주변에 불빛이 적은 곳으로 나가, 나침반을 이용하여 북쪽 방향을 확인하고 별자리판의 북쪽 부분과 일치시킨다.

• 남쪽을 향해 서서 별자리판을 들어 올린 다음, 별자리판의 북쪽 부분이 실제 북쪽을 가리키도록 한다.

❹ 별자리판의 별자리와 밤하늘에 나타난 별자리를 서로 비교하면서 그 모양과 위치 등을 관찰하여 기록한다.

2 각 계절에 따른 별자리와 대표적인 별의 이름을 찾고, 지평 좌표계를 이용해 위치를 표에 기록해 보자.

| 계절 | 별자리 | 대표적인 별 | 방위각 | 고도 |
|---|---|---|---|---|
| 봄 | | | | |
| 여름 | | | | |
| 가을 | | | | |
| 겨울 | | | | |

지평 좌표계는 관측자의 위치와 시각에 따라 고도와 방위각이 달라져. 그러므로 좌표를 기록할 때에는 관측 시각도 함께 기록해야 돼.



1. 별 311

2 각 계절에 따른 별자리와 대표적인 별

| 계절 | 별자리 | 대표적인 별 | 방위각 | 고도 |
|---|---|---|---|---|
| 봄 | 사자자리 | 레굴루스 | | |
| | 목동자리 | 아크투루스 | 180°(예시) | 51°(예시) |
| | 처녀자리 | 스피카 | | |
| 여름 | 거문고자리 | 베가 | | |
| | 백조자리 | 데네브 | | |
| | 독수리자리 | 알타이르 | | |
| 가을 | 페가수스자리 | 마르카브 | | |
| | 안드로메다자리 | 알페라츠 | | |
| | 페르세우스자리 | 미르팍 | | |
| 겨울 | 황소자리 | 알데바란 | | |
| | 오리온자리 | 베텔게우스 | | |
| | 큰개자리 | 시리우스 | | |

**✚참고 자료 천체 관측 프로그램**

• 스텔라리움
http://www.stellarium.org
• 구글 스카이
http://www.google.com/intl/ko/sky
• 월드와이드텔레스코프
http://www.worldwidetelescope.org




**❀ 별자리판에서 찾은 별자리들을 실제 밤하늘에서 찾는 방법**

별자리판이 지면을 향하도록 들고 별자리판의 방위와 실제 방위가 일치하도록 한다. 붉은색 손전등을 켜서 별자리판을 보고, 관찰하려는 별자리의 대략적인 위치를 파악한다. 그 다음, 실제로 별자리를 찾아보고 별자리의 이름, 모양, 위치 등을 관찰하여 기록한다.

**❀ 계절에 따른 별자리의 변화**

별은 하루에 한 바퀴씩 일주 운동을 하는데, 이것은 지구가 자전하기 때문이다. 그런데 1년을 주기로 관측해 보면 계절에 따라서도 밤하늘에 보이는 별자리가 달라진다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 별자리가 달라지는 것은 지구가 공전하기 때문에 나타나는 현상으로서, 이동 방향은 일주 운동과 같은 방향인 동쪽에서 서쪽이고, 주기는 1년이다. 그러나 계절에 따른 별자리의 변화만으로는 지구의 공전을 증명할 수 없다.

**❀ 시간에 따른 별의 이동**

별자리판을 이용하면 시간이 지남에 따라 별이 움직이는 정도를 알 수 있다. 예를 들어, 12월 5일 밤 9시에 해당하는 두 눈금이 일치하도록 해서 이 시각에 보이는 별자리와, 1시간 후인 12월 5일 밤 10시에 해당하는 두 눈금이 일치하도록 해서 이 시각에 보이는 별자리를 비교하면 별자리가 1시간 동안 천구 상에서 동쪽에서 서쪽으로 15° 이동한 것을 알 수 있다.



### ❀ 북극성과 작은곰자리

지구의 자전축을 연장하여 하늘과 만나는 점이 천구의 북극이다. 여기에 위치한 별이 바로 북극성이다. 북극성은 방위를 결정하는 데 가장 중요한 기준이 된다.

북극성은 작은곰자리의 알파별로서, 2등성의 어두운 별이지만, 태양계로부터 약 800광년 떨어져 있는 아주 큰 별이다.

그러나 북극성이 정확하게 지구 자전축의 북극에 위치하고 있는 것은 아니다. 북극성은 지구 자전축에서 1° 떨어진 지점에 있다. 그러므로 북극성도 반지름 1°의 원을 그리면서 돌고 있는데, 회전 반지름이 매우 작아서 정지해 있는 것처럼 보일 뿐이다. 작은곰자리에는 알파별인 북극성 외에도 베타별과 감마별이 작은 국자 모양을 이루고 있지만, 도시에서는 관측하기가 쉽지 않다.




⊙ 북극성과 작은곰자리

**계절에 따른 별자리**

**북쪽 하늘의 별자리**




북극성은 지구의 자전축과 같은 방향에 있기 때문에 항상 같은 위치에서 보인다. 그러므로 북극성을 먼저 찾아서 동서남북을 파악한 후 다른 별자리들을 찾는다.

하늘의 중심이라고 할 수 있는 북쪽 하늘은 1년 내내 만날 수 있는 별들로 채워져 있다. 큰곰자리, 작은곰자리, 카시오페이아자리 등이 그 예이다.

**여름철의 별자리**

여름철에는 밤하늘의 남쪽과 북쪽 하늘을 가로지르는 넓은 은하수를 사이에 두고 거문고자리와 독수리자리가 나타난다. 그 밖에도 십자가 모양의 백조자리를 여름철의 밤하늘에서 쉽게 찾을 수 있다. 거문고자리의 베가, 독수리자리의 알타이르, 백조자리의 데네브가 여름철의 대삼각형을 이룬다.




**가을철의 별자리**

가을철의 밤하늘에서는 사각형 모양의 페가수스자리를 중심으로 안드로메다자리, 물고기자리 등의 별자리를 찾을 수 있다. 가을철에는 페가수스자리의 몸통에 해당하는 네 개의 별이 사각형을 이룬다.




여름
가을

312

---

**✚ 참고 자료** 계절에 따른 별자리 찾기

**(1) 봄철의 대삼각형**

북두칠성의 손잡이 곡선을 따라가면서 봄 하늘에서 가장 밝은 별인 목동자리의 아크투루스와 처녀자리의 스피카를 연결하는 곡선을 봄의 대곡선이라고 하며, 이 대곡선과 사자자리의 꼬리별인 데네볼라를 이은 것을 봄철의 대삼각형이라고 한다. 이 세 별에서 출발하면 별자리를 쉽게 찾을 수 있다.




**(2) 여름철의 대삼각형**

여름 밤하늘은 은하수가 흐르고, 그 위로 백조가 날고 있다. 강변을 사이에 두고 견우와 직녀가 칠석날을 기다리며 반짝인다.

거문고자리의 베가(직녀성)와 그 남쪽으로 보이는 독수리자리의 알타이르(견우성) 및 이들의 동쪽에 있는 백조자리의 데네브는 여름철의 대삼각형을 이룬다.



봄철의 별자리

봄철의 밤하늘에서 목동자리의 아크투루스, 처녀자리의 스피카, 사자자리의 레굴루스는 1등급이지만, 나머지 별들은 2~3등급이거나 그보다 어둡기 때문에 도시에서는 이 세 별 이외의 다른 별들은 찾기 힘들다. 봄의 대표적인 별자리에는 목동자리, 처녀자리, 사자자리 등이 있다. 목동자리의 아크투루스, 처녀자리의 스피카, 사자자리의 데네볼라가 대삼각형을 이룬다.

겨울철의 별자리

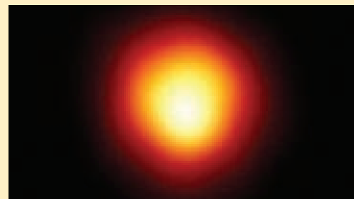
겨울철의 밤하늘에는 다른 계절과는 달리 1등급의 밝은 별들이 많아 쉽게 별자리를 찾을 수 있다. 겨울철의 대표적인 별자리에는 오리온자리를 비롯하여 쌍둥이자리, 큰개자리, 작은개자리 등이 있다. 오리온자리의 베텔게우스, 큰개자리의 시리우스, 작은개자리의 프로키온이 대삼각형을 이룬다.

1. 별 313

심화 학습 **초거성**

오리온자리의 베텔게우스는 반지름이 태양의 약 900배에 달하는 거대한 별이다. 이 별이 붉은색을 띠는 이유는 무엇일까?

별은 일생의 대부분을 태양과 같은 상태에서 보내는데, 이러한 별을 주계열성이라고 한다. 주계열성은 중심핵에서 수소핵 융합 반응을 하는데, 중심핵의 수소가 소모되어 핵융합에 의한 에너지 생성이 끝나면, 중심핵의 온도는 낮아져 내부 기체의 압력이 중심핵 바깥층의 무게를 지탱할 정도로 유지되지 못한다. 따라서 중심핵이 수축하고, 이때 발생하는 수축 에너지에 의해 바깥층이 팽창하여 별의 크기가 커지고, 표면 온도는 낮아지며, 광도는 증가한다. 이렇게 되면 별은 적색 거성 또는 적색 초거성이 된다.



Ⓐ 허블 우주 망원경으로 본 베텔게우스

### (3) 가을철의 대사각형

희미한 별이 많아서 1년 중 별자리 찾기가 가장 어렵다. 그러나 W자 모양의 카시오페이아자리와 사각형 모양의 페가수스자리는 쉽게 찾을 수 있다. 페가수스자리의 마르카브, 쉬트, 알게니브와 안드로메다자리의 알페라츠를 이어서 만들어지는 사각형 모양을 가을철의 대사각형이라고 한다.




### (4) 겨울철의 대삼각형

다른 계절보다 밝은 별이 많아 화려하다. 그중 오리온자리의 베텔게우스와 큰개자리의 시리우스, 작은개자리의 프로키온이 만드는 삼각형을 겨울철의 대삼각형이라고 한다.

겨울철의 대삼각형과 6개의 1등급의 별이 만드는 겨울철의 육각형을 찾으면, 주위의 별자리들을 쉽게 찾을 수 있다.



## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

밤 9시를 기준으로 한 북두칠성의 계절별 위치 변화는 그림과 같다.




별들은 북극성을 중심으로 약 24시간 동안 시계 반대 방향으로 한 바퀴씩 돈다. 즉, 한 시간에 15°씩 움직이므로 계절과 북두칠성의 위치 관계를 이해하면, 북두칠성을 하늘의 큰 시계로 이용할 수 있다.

### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

15세기 말 아메리카 대륙의 발견과 같은 먼 바닷길의 항해술이 발달하면서 별자리의 활용이 더욱 활발해졌다. 항해술과 천문학이 발달하여 카멜레온자리, 극락조자리 등과 같은 북반구에서는 볼 수 없고 남반구에서만 볼 수 있는 별자리들이 추가되었고, 망원경이 발달하여 작은여우자리, 작은사자자리 등과 같이 맨눈으로 볼 수 없었던 어두운 별들이 별자리에 추가되었다.

20세기 초까지 별자리 이름은 지역에 따라 다르게 사용되고, 그 경계도 달라 혼란이 생기고 불편한 일이 많이 발생하였다. 이에 따라 1928년 국제 천문 연맹에서는 황도 부근의 12개, 북반구 하늘의 28개, 남반구 하늘의 48개를 합쳐 총 88개의 별자리를 확정지었다.

이후, 1930년 국제 천문 연맹에서 별자리의 중요 별이 바뀌지 않는 범위에서 천구 상의 적경과 적위에 나란한 선으로 별자리의 경계를 정하였다.

### ✚참고 자료 우리나라의 천문대 안내

(1) **보현산천문대(http://boao.kasi.re.kr)** 경상북도 영천시에 위치한 한국천문연구원 소속 천문대로서, 우리나라에서 가장 큰 구경 1.8 m의 광학 망원경이 있다.

(2) **소백산 천문대(http://soao.kasi.re.kr)** 충청북도 단양군에 위치한 한국천문연구원 소속 천문대로서, 24인치 반사 망원경이 있다.

(3) **송암 천문대(http://www.starsvalley.com)** 경기도 양주에 위치한 천문 테마파크로서, 다양한 프로그램을 경험할 수 있다.

(4) **대전 시민 천문대(http://star.metro.daejeon.kr)** 대전광역시에서 세운 천문대로서, 많은 사람들에게 천문 우주 과학에 대한 체험을 제공하고 있다.

(5) **별마로 천문대(http://www.yao.or.kr)** 강원도 영월군에 있으며, 시민 천문대로서의 역할을 하고 있다.

(6) **김해 천문대(http://www.astro.gsiseol.or.kr)** 영남 지역의 유일한 시민 천문대로서, 천체와 우주에 대한 궁금증을 해소하고, 청소년들에게 꿈과 희망을 주며, 많은 사람들에게 낭만과 추억을 선사할 목적으로 건립되었다.

체험 활동

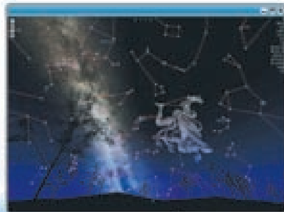
# 인터넷을 이용하여 별자리판을 만나 보자.

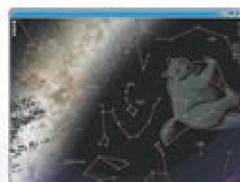
천문노트 별자리판(http://astronote.org/Planisphere)은 별도의 설치 없이 인터넷으로 바로 별자리를 공부할 수 있다는 장점이 있다. 날짜와 시각만 입력하면 그 날 밤에 뜨는 별자리를 볼 수 있으며, 별자리판 그림 파일을 내려받으면 간단히 별자리판을 만들어 볼 수도 있다.

천문노트(http://www.astronote.org)는 교육과학기술부에 등록된 비영리 민간 단체로서, 천문과 관련된 여러 정보와 자료들을 제공하고, 매년 겨울에 정기적으로 열리는 관측회를 개최하고 있다. 그리고 천문노트에서 제작한 순수 국산 천문 프로그램인 Astroview*를 이용하면 실제 밤하늘을 관측할 때와 매우 유사한 환경에서 별자리를 공부할 수 있다.




❶ 천문노트 별자리판





❷ Astroview*로 본 하늘의 모습



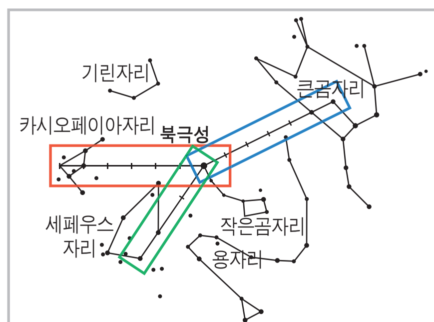
315




❀ 북극성 찾기

(1) **북두칠성을 이용한 북극성 찾기** 파란색 사각형 안에 있는 북두칠성의 두 별을 이어 직선으로 5배 연장하면 북극성에 도달할 수 있다.

(2) **카시오페이아자리를 이용한 북극성 찾기** 빨간색 사각형 안의 W 모양에서 바깥쪽에 있는 두 개의 별을 묶어 서로 연장한 선들이 만나는 가상의 점을 찾는다. 그 가상의 점에서 카시오페이아의 가운데 별과의 거리를 직선으로 5배 연장하면 북극성에 도달할 수 있다.




(3) **세페우스자리를 이용한 북극성 찾기** 세페우스자리 중 녹색 사각형 안에 있는 별 두 개가 세페우스 별자리 중에서 가장 밝은 별이다. 이 두 별의 거리를 직선으로 2배 정도 연장하면 북극성에 도달할 수 있다.




❀ 천문노트 사이트에서 제공하는 프로그램

- Astroview – 3D 밤하늘
- Astrodraw – 성도 제작
- 별있는거 – 국산 공개 천문 프로그램
- 무료 천문 라이브러리 – MatriXs
- Adobe Flex/AIR 자유 천문 프로그램 제작 프로젝트
- Adobe Flex/AIR 자유게시판
- 천문노트 별자리판
- 이달의 천문 현상
- 오늘의 천문 현상
- 오늘의 밤하늘
- 행성의 모양 보기
- 항성시 계산기
- 삭망 시각 계산 프로그램
- 24절기 및 잡절 계산 프로그램
- 태양, 달, 행성의 출몰 계산 프로그램
- 성도 출력 프로그램
- 태양의 고도와 방위각 계산 프로그램
- 행성의 위치 계산 프로그램(이형철)
- 행성의 위치 계산 프로그램(지용호)
- 북극성 위치 조견판

❀ 별에 관한 순 우리말

- 꼬리별, 살별: 태양계 내에서 태양 둘레를 타원 또는 포물선 궤도를 따라 도는 긴 꼬리를 가진 천체로서, 혜성을 말한다.
- 별똥별: 유성을 말한다.
- 붙박이별: 스스로 빛을 내는 고온의 천체로서, 항성을 말한다.
- 샛별, 개밥바라기: 샛별은 새벽에 동쪽 하늘에서 반짝이는 금성을, 개밥바라기는 초저녁에 서쪽 하늘에서 반짝이는 금성을 말한다.
- 살차다: 혜성의 꼬리 빛이 세차다는 뜻이다.
- 여우별: 궂은날에 잠깐 떴다가 숨는 별이다.
- 잔별: 작은 별이다.
- 좀생이, 묘성: 플레이아데스 성단을 말한다.
- 짚신할아버지: 견우성을 말한다.

# 1-2 별의 특징

## | 학습 내용 안내 |

(1) 별의 연주 시차가 거리와 어떤 수학적인 관계를 가지는지 이해하고, 별의 거리를 측정하는 방법을 통해 가까운 별의 거리는 연주 시차로 측정한다.

(2) 별의 밝기와 등급의 관계를 이해하고, 별의 밝기와 등급을 통하여 절대 등급과 겉보기 등급의 개념을 안다.

(3) 별의 표면 온도에 따라 별의 색깔이 다름을 이해한다.

## | 학습 전개 |

연주 시차의 원리를 알고, 이를 이용하여 별의 거리를 구하는 방법에 대하여 알아본다.



별의 밝기에 따른 절대 등급과 겉보기 등급의 관계를 알아보고, 별의 절대 등급과 겉보기 등급을 구해 본다.



별의 표면 온도에 따라 다르게 나타나는 색의 변화를 알아본다.

**스스로 해결하기**

오른쪽 시차 실험에서 눈과 책 사이의 거리가 멀어지면 책의 보이는 면은 어떻게 달라지는가?

답 책이 얼굴에 가까이 있을 때는 왼쪽 눈으로 볼 때와 오른쪽 눈으로 볼 때 보이는 면이 차이가 나지만, 책이 얼굴에서 멀어지면 보이는 면이 차이가 나지 않는다.

**찾아보기**

- 별 헤는 밤 천문 우주 실험실(별 하나에 낭만 별 하나에 과학)(2011), 김지현 외 1저, 어바웃어북
- 우주의 비밀(2008), 전일동 저, 청문각

Ⅲ. 외권과 우주 개발

# 1-2 별의 특징

**학습 목표**

- 별의 거리를 측정하는 방법을 설명할 수 있다.
- 별의 밝기와 등급을 이해하고, 겉보기 등급과 절대 등급의 개념을 비교하여 설명할 수 있다.
- 표면 온도에 따라 별의 색깔이 다름을 말할 수 있다.

어린 시절에 은하 열차를 타고 이동하는 텔레비전 만화 영화를 보면서 우주여행을 꿈꾸어 본 적이 있을 것이다. 태양계 밖의 다른 별에 가 보면 어떤 광경이 펼쳐질까?

우리는 밤하늘의 별들이 서로 다른 거리에서 다양한 밝기와 색깔을 띠면서 빛나는 모습을 볼 수 있다. 별까지의 거리를 구하는 방법은 없을까? 별의 밝기와 색깔이 다른 이유는 무엇일까?

### 별의 거리와 연주 시차

별들은 모두 같은 거리에 있는 것처럼 보이지만, 지구로부터 별까지의 실제 거리는 제각기 다르다. 또 별까지의 거리는 굉장히 멀기 때문에 우리 눈에는 작은 점으로밖에 보이지 않는다. 그렇다면 별까지의 거리는 어떻게 알 수 있을까?

그림과 같이 두 눈 사이에 책의 모서리를 대고 왼쪽 눈과 오른쪽 눈으로 번갈아 보면 책의 보이는 면이 달라지는데, 이와 같은 원리를 이용하면 지구로부터 가까운 별까지의 거리를 구할 수 있다.

**스스로 해결하기**

오른쪽 시차 실험에서 눈과 책 사이의 거리가 멀어지면 책의 보이는 면은 어떻게 달라지는가?





그림 Ⅲ-5 시차 실험_ 한쪽 눈을 감고 얼굴 앞의 책을 보자. 오른쪽 눈으로 볼 때와 왼쪽 눈으로 볼 때, 책의 보이는 면이 다르다. 이런 차이는 책이 얼굴에 가까울수록 커진다.

316 Ⅲ. 외권과 우주 개발



### ❀ 시차

(1) **연주 시차**  별까지의 거리는 아주 멀기 때문에 별자리의 위치가 변하지 않는 것처럼 보이지만, 가까운 별을 6개월 간격으로 사진을 찍어서 배경 별과 비교해 보면 그 별의 위치가 상대적으로 이동해 간 것을 알 수 있다. 공전하는 지구에서 6개월 간격으로 별을 관측할 때 별이 천구 상에서 이동한 각거리, 즉 시차의 $\frac{1}{2}$을 연주 시차라고 한다.

(2) **연주 시차와 별까지의 거리**  연주 시차($p$)는 별까지의 거리($r$)에 반비례한다. 이때 거리의 단위는 파섹(pc), 연주 시차는 초(″)로 나타낸다. 연주 시차는 매우 작은 값이므로 약 100파섹 이내의 비교적 가까운 별까지의 거리를 구하는 데 이용한다.

$$r(\text{pc}) = \frac{1}{p''}$$

### ❀ 대기의 요동에 의한 보정

대기의 요동에 의해 연주 시차 측정의 한계가 정해진다. 즉, 대기권 내에서 0.005″ 이하의 정밀도로 연주 시차를 측정할 수 없다. 10 %의 오차 한계 내에서 측정할 수 있는 연주 시차는 0.05″(65.2 LY)이다. 따라서 연주 시차로 구할 수 있는 별은 거리는 65.2 LY 이내이다.



## 탐구 활동 | 시차와 거리의 관계 | 측정

**목·표**

시차의 의미를 알고, 시차와 거리의 관계를 설명할 수 있다.

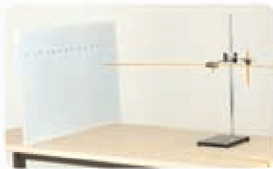
**준·비·물**

8절 모눈종이, 1 m 막대자, 사인펜, 각도기, 스탠드, 별 모양 스티커, 연필, 실

**유·의·점**

자에 눈이 찔리지 않도록 조심한다.

**과정**



❶ 사진과 같이 관측자와 모눈종이 사이를 120 cm로 하고 스탠드, 별 모양 스티커를 붙인 모눈종이, 연필, 자를 각각 설치한다.

❷ 연필을 20 cm 거리에 오게 하고, 막대자의 끝에서 왼쪽 눈과 오른쪽 눈으로 번갈아 보면서 연필 끝이 보이는 위치를 모눈종이에 표시한다.





❸ 연필 끝과 모눈종이에 표시된 두 부분을 실로 연결하여 그 사이의 각도인 시차를 측정한다.

❹ 눈과 연필 사이의 거리를 40 cm, 60 cm로 하여 ❷, ❸의 과정을 반복한다.

**결과**

| 눈과 연필 사이의 거리(cm) | 시차(°) |
|---|---|
| 20 | |
| 40 | |
| 60 | |

**해석**

눈과 연필 사이의 거리와 시차는 어떤 관계가 있는가?

1. 별 317

## 탐구 활동 | 측정

### | 목표 |

시차의 의미를 알고, 시차와 거리의 관계를 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 서로 다른 두 방향에서 물체를 볼 때 나타나는 시차를 구하는 과정을 통하여 별의 연주 시차 개념을 이해할 수 있도록 실험을 전개한다.

2 실험 결과에서 도출된 값들을 통하여 눈과 연필 사이의 거리와 시차 사이에 반비례 관계가 성립함을 알 수 있다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

실험으로부터 구한 눈과 연필 사이의 거리와 시차 사이에 반비례 관계가 성립함을 알아보기 위한 방법으로서, 20 cm, 40 cm, 60 cm일 때 두 값을 서로 곱해서 일정한 값이 나오는지 확인하거나, 그래프를 그려서 반비례 모양의 그래프가 나오는지 확인할 수 있다.

### | 결과(예시) |

| 눈과 연필 사이의 거리(cm) | 시차(°) |
|---|---|
| 20 | 약 29 |
| 40 | 약 14.5 |
| 60 | 약 9.7 |

### | 해석 |

가까이 있는 물체의 시차는 크고, 멀리 있는 물체의 시차는 작다. 한편, 눈과 연필 사이의 거리와 시차를 각각 곱하면 다음과 같다.

$$20(\text{cm}) \times 29(^\circ) = 580$$
$$40(\text{cm}) \times 14.5(^\circ) = 580$$
$$60(\text{cm}) \times 9.7(^\circ) = 582$$

따라서 눈과 연필 사이의 거리($r$)와 시차($p$) 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$r \propto \frac{1}{p''}$$



**이런 실험도 가능해요!** 시차와 거리

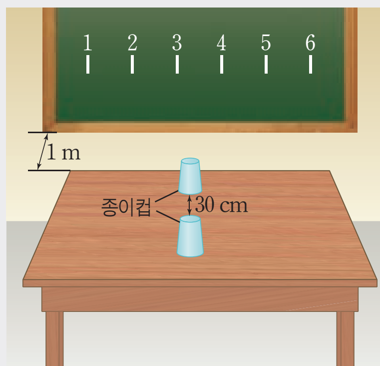
**| 과정 |**

(1) 종이컵을 올려놓은 책상으로부터 1 m 떨어져서 눈높이를 컵과 같게 하고, 한쪽 눈으로만 보면서 컵과 칠판의 눈금을 보이는 대로 종이에 그려 본다.

(2) 왼쪽으로 1 m 이동하여 보이는 대로 컵과 눈금을 그려 본다.

(3) 오른쪽으로 2 m 이동하여 보이는 대로 컵과 눈금을 그려 본다.

(4) 책상으로부터 2 m 떨어져 위의 과정을 반복한다.




Ⓐ 시차와 거리 실험

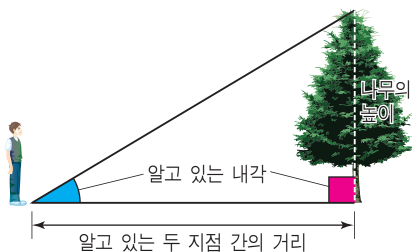



## 삼각 측량법

삼각형의 원리를 이용해 멀어진 지점과의 거리를 측정하는 방법을 삼각 측량법이라고 한다. 오래전부터 떨어진 두 지점의 거리나 산의 높이 등을 측정하는 데 이용하였다.

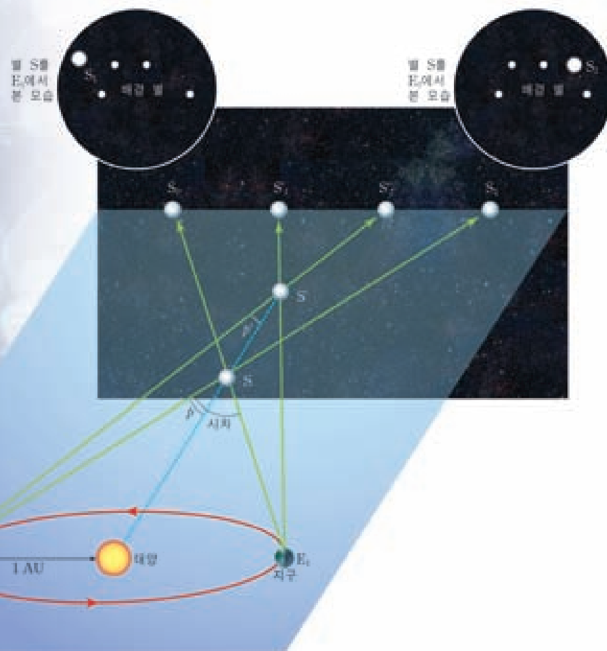
삼각 측량법은 알고 있는 한 점과 두 기준점이 이루는 삼각형에서 밑변과 다른 두 변이 이루는 각과 그 변의 길이를 측정한 뒤, 사인 법칙 등을 이용하여 계산함으로써 그 점에 대해 좌표와 거리를 알아내는 방법이다.

예를 들어, 나무의 높이를 측정하고자 할 때 나무로부터 조금 떨어진 장소에 서서 나무와의 거리와 서 있는 장소로부터 나무의 꼭대기를 잇는 선과 지표의 각도를 알 수 있으면, 나무의 높이를 계산할 수 있다.



❹ 삼각 측량법의 원리

원쪽 눈과 오른쪽 눈으로 번갈아 보았을 때, 연필 끝이 보이는 방향의 차이에 따라 생기는 각도를 **시차**라고 한다. 이때 시차의 크기는 눈과 연필 사이의 거리에 반비례한다. 이러한 현상은 공전하는 지구에서 별을 볼 때에도 똑같이 나타나므로 별까지의 거리를 측정하는 데 이용할 수 있다.



❹ 그림 11-6 연주 시차




지구는 태양의 둘레를 돌고 있으므로 위의 그림과 같이 별의 시차가 나타난다. 별 S는 지구가 $E_1$에 있을 때에는 $S_1$에서 보이고, 지구가 반 바퀴를 돌아 $E_2$에 있을 때에는 $S_2$에서 보인다. 이때 $\angle E_1SE_2$의 $\frac{1}{2}$인 $p$를 별 S의 **연주 시차**라고 한다.

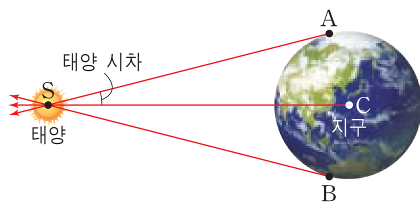
이와 같은 방법으로 별 S′의 연주 시차를 구하면 $\angle E_1S'E_2$의 $\frac{1}{2}$인 $p'$이다. 멀리 있는 별 S′의 연주 시차가 가까이 있는 별 S보다 작은 것을 보면, 별까지의 거리가 멀어질수록 연주 시차가 작아진다는 것을 알 수 있다. 즉, 별의 연주 시차는 별까지의 거리에 반비례한다.

318 Ⅲ. 외권과 우주 개발

## 태양 시차

1 AU의 거리에서 태양의 적도 지평 시차로서, 지구 표면의 각 지점에서 본 태양의 방향 차이를 말한다. 최대 각도는 8.794″이다.

지구 표면에서 본 태양의 방향은 보는 지점에 따라 약간씩 다르다. 따라서 편의 상 지구 중심 C에서 본 방향을 기준으로 해서 그것과의 편차(∠ASC)를 A에서 본 태양 시차라고 한다.



❹ 태양 시차

**참고 자료** 연주 시차

만약 지구가 태양 주위를 공전하지 않는다고 하면, 지구 공전 궤도의 양쪽 끝에서 관측할 때 생기는 연주 시차 현상은 나타나지 않을 것이다. 따라서 연주 시차 현상은 지구 공전의 명확한 증거가 된다.

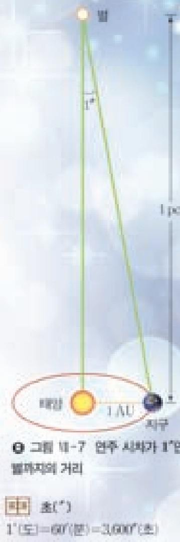
1543년 코페르니쿠스의 태양 중심설이 제기되자 이를 확인하기 위하여 천문학자들은 연주 시차를 측정하기 위해 노력하였다. 그러나 연주 시차는 매우 작은 값이어서 당시의 기술로는 측정할 수 없었다. 브라헤 역시 별의 연주 시차를 찾으려고 했으나, 값이 너무 작았기 때문에 찾지 못하고, 결국은 천동설을 지지했다. 그 후 1838년에 이르러 베셀이 백조자리 61번 별의 연주 시차가 0.294″임을 발표했다. 이에 따라 지구 공전은 더욱 확실한 사실로 받아들여질 수 있었다.

연주 시차는 가까운 별까지의 거리를 측정하기 위한 가장 확실한 방법이다. 지구에서 가장 가까운 켄타우루스자리 $\alpha$별의 연주 시차는 약 0.76″(4.3 LY)로 매우 작다. 그러나 멀리 떨어진 별일수록 연주 시차는 더욱 작아지므로, 측정 기술이 발달했다고 해도 거리가 먼 별의 연주 시차를 측정하는 데에는 한계가 있다.

지구의 공전 궤도 반지름은 이미 알고 있으므로 별의 연주 시차를 측정하면 별까지의 거리를 구할 수 있다.

$$\text{별까지의 거리(pc)} = \frac{1}{\text{연주 시차(″)}}$$

별의 연주 시차는 망원경을 이용해 6개월 간격으로 찍은 사진들을 비교하여 측정하는데, 매우 작은 값을 가지므로 초(″)의 단위로 관측된다. 연주 시차가 1″인 별까지의 거리를 **1파섹**(pc)이라고 정하였는데, 1파섹은 빛의 속도로 약 3.26년 동안 이동한 거리이다.



❸ 그림 Ⅶ-7 연주 시차가 1″인 별까지의 거리

❸ 가까운 별의 연주 시차와 거리

| 별 이름 | 바너드 | 시리우스 | 프로키온 | 알타이르 | 베가 |
|---|---|---|---|---|---|
| 연주 시차(″) | 0.54 | 0.37 | 0.29 | 0.20 | 0.12 |
| 거리(pc) | 1.85 | 2.70 | 3.45 | 5.00 | 8.33 |

용어 초(″)
1°(도)=60′(분)=3,600″(초)

그런데 거리가 매우 먼 별은 연주 시차를 이용하여 거리를 구하면 오차가 너무 크기 때문에 그 값을 신뢰할 수 없다. 왜냐하면 멀리 떨어져 있는 별은 연주 시차의 값이 너무 작아 측정하기 어렵기 때문이다.

멀리 떨어져 있는 별의 거리는 별의 밝기를 이용하여 구한다. 별이 멀어질수록 밝기가 어두워지기 때문에 별의 거리와 밝기의 관계를 통하여 거리를 구할 수 있다.

**과학 자료실** 천문학에서 사용하는 거리 단위

태양을 제외하고 지구에서 가장 가까운 별까지의 거리는 약 40조 km이다. 이와 같이 별까지의 거리를 나타낼 때 일상생활에서 사용하는 단위를 그대로 쓰면 숫자가 지나치게 커지므로 불편하다. 그래서 천문학에서는 먼 거리를 나타내는 별도의 단위를 사용하고 있다.

예를 들어, 지구에서 태양까지의 거리인 약 1억 5천만 km를 1 AU(Astronomical Unit, 천문 단위)라고 약속하여 사용하고, 빛이 $3\times10^5$ km/s의 속도로 1년 동안 나아가는 거리인 $9.46\times10^{12}$ km를 1광년(LY)으로 사용한다.

그러므로 연주 시차가 1″인 별까지의 거리인 1파섹(pc)을 환산해 보면 다음과 같다.

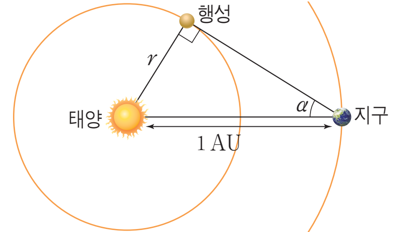
$$1\text{ pc} \fallingdotseq 3.26\text{ LY} \fallingdotseq 3\times10^{13}\text{ km} \fallingdotseq 206{,}265\text{ AU}$$



## | 관련 지식 |

### ❀ 공전 궤도와 행성 거리

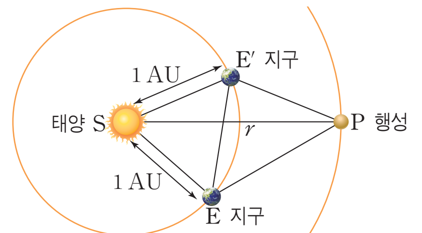
(1) **내행성** 태양과 내행성 사이의 거리 $r$는 내행성이 최대 이각을 이룰 때 구할 수 있다.



❸ 공전 궤도를 이용한 내행성 거리

태양과 지구의 거리는 1 AU(1억 5천만 km)가 되고, 각 내행성이 최대 이각을 이룰 때 태양−내행성−지구가 이루는 각은 90°가 된다. 따라서 태양−지구−내행성이 이루는 각을 $\alpha$라고 하면, 삼각법에 의해 태양과 행성 사이의 거리를 알 수 있다. 태양과 행성 사이의 거리를 알면, 지구와 행성 사이의 거리는 피타고라스 정리에 의해 구할 수 있다. 이 방법은 코페르니쿠스가 처음 사용하였다고 한다.

(2) **외행성** 외행성의 1항성 주기의 시작과 끝을 P라고 하면, 그때의 지구의 위치는 각각 E, E′에 있다.



❸ 공전 궤도를 이용한 외행성 거리

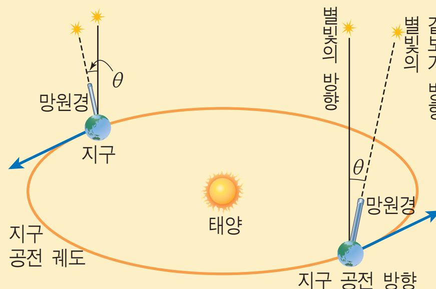
여기서 행성의 주기를 알면, ∠ESE′을 알 수 있고, ∠PES와 ∠PE′S는 관측을 통해 알아야 한다. 따라서 우리는 삼각법과 코사인 법칙을 이용하여 EE′의 거리와 ∠SE′E, ∠SEE′을 구할 수 있다. 이 값들을 이용해 ∠PEE′과 ∠PE′E, ∠EPE′의 값을 알 수 있고, ∠SEP나 ∠SE′P를 이용해 거리 $r$를 구할 수 있다.

이 방법은 케플러가 처음으로 화성의 궤도를 그려 그것이 타원임을 알아내는 데 사용했던 방법이다.

## 심화 학습 연주 광행차

비 오는 날 지면에 연직 방향으로 내리는 빗속에서 뛰어갈 때 우산을 앞으로 기울여야 비를 막을 수 있는 것과 같이, 공전하고 있는 지구 상의 관측자에게는 별빛이 실제의 위치보다 약간 앞쪽 방향에서 오는 것처럼 보인다. 그러므로 망원경을 $\theta$만큼 앞으로 기울여야 별을 관측할 수 있다. 여기서 별빛의 방향이 지구의 공전 때문에 기울어지는 각도를 연주 광행차라고 한다.

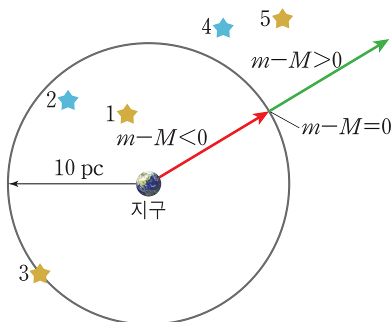

❸ 광행차의 원리



❸ 연주 광행차




### ❀ 거리 지수($m-M$)

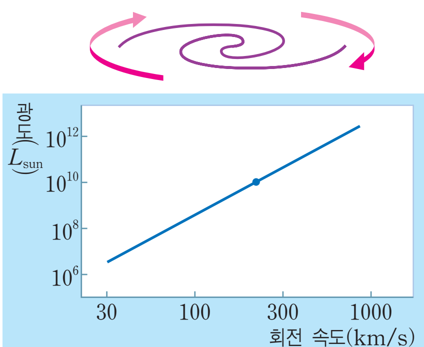



어떤 천체의 겉보기 등급을 $m$, 절대 등급을 $M$, 연주 시차를 $p$, 그 천체까지의 거리를 $r$(pc)라고 하면, 거리 지수는 다음과 같다.

$$\text{거리 지수}=m-M=5\log r-5$$
$$=-5\log p-5$$

거리 지수를 알면 천체까지의 거리와 연주 시차를 알 수 있다.

### ❀ 툴리–피셔 관계를 이용한 거리 측정




거리를 측정하는 방법 중 하나인 툴리–피셔 관계는 천문학자 툴리와 피셔가 주장했다.

나선 은하의 광도와 회전 속도의 관계를 유추한 것으로서, 나선 은하가 회전하고 있을 때 이것의 회전 속도는 은하의 질량에 비례한다는 것을 이용한 것이다. 일반적으로 광도가 크면 질량이 크기 때문에 밝은 은하일수록 빨리 회전한다.

적외선 영역에서 툴리–피셔의 관계를 이용하면, 은하의 빛이 지구까지 도달하는 데에 성간 물질에 의한 소광이나 편광 현상이 적기 때문에 상대적으로 정확한 값을 얻을 수 있다. 그러나 자전을 하지 않는 타원 은하에는 적용되지 않는다.


**별의 밝기와 등급**

밤하늘에는 우리에게 잘 알려진 여러 종류의 천체들이 있다. 그중에서 어느 것이 가장 밝게 보일까? 또 실제로 가장 밝은 천체는 무엇일까?

불빛이 적은 야외에서 밤하늘의 별들을 보면 금방 눈에 띄는 밝은 별도 있지만, 눈이 좋은 사람에게도 간신히 보이는 어두운 별도 있다. 이와 같이 별의 밝기가 서로 다른 이유는 무엇일까?

아래 그림과 같이 밝은 손전등과 어두운 밝기의 펜 라이트를 같은 거리에서 검은색 종이에 비추어 보면 손전등의 불빛이 더 밝게 보인다. 또 밝기가 같은 두 개의 펜 라이트를 서로 다른 거리에서 검은색 종이에 비추어 보면 가까운 거리에서 비춘 펜 라이트의 밝기가 더 밝게 보인다. 이 실험을 통하여 별의 밝기는 빛을 더 많이 방출할수록, 거리가 가까울수록 밝게 보인다는 사실을 알 수 있다.

별의 밝기와 거리 관계 실험

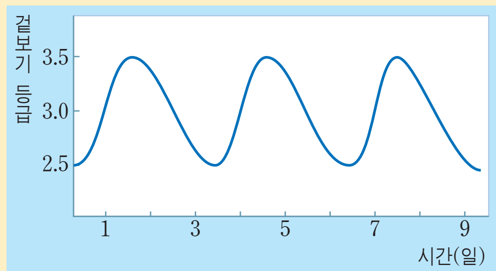
❶ 밝기가 서로 다른 손전등과 펜 라이트를 같은 거리에서 검은색 종이에 비추어 본다.

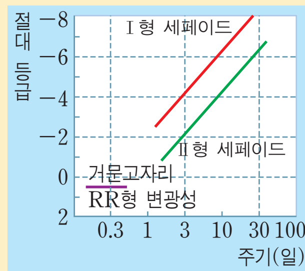
❷ 밝기가 같은 두 개의 펜 라이트를 서로 다른 거리에서 검은색 종이에 비추어 본다.

320

## 심화 학습 세페이드 변광성을 이용한 별의 거리 구하기

아래의 왼쪽 그림은 겉보기 등급이 3등급인 Ⅱ형 세페이드 변광성의 밝기 변화를 나타낸 것으로서, 이 변광성의 변광 주기는 3일이다. 아래의 오른쪽 그림에서 이 변광성의 변광 주기에 해당하는 절대 등급은 $-2$등급이라는 것을 알 수 있다. 따라서 겉보기 등급과 절대 등급을 모두 알고 있으므로 이 별까지의 거리를 구할 수 있다. 거리 지수를 이용하여 계산하면 이 별까지의 거리는 100 pc이다.




❷ 세페이드 변광성 주기

고대 그리스의 히파르코스는 맨눈으로 보이는 별 중에서 가장 밝은 별을 1등성, 가장 어두운 별을 6등성으로 정하고 별의 밝기를 비교하였다. 그 후 1850년 포그슨은 1등성이 6등성보다 약 100배 더 밝고, 등급 간 밝기의 차이는 일정하다는 사실을 밝혀내었다. 이를 통해 각 등급 사이에는 약 2.5배의 밝기 차이가 있음을 알게 되었다.

별의 등급 차이와 밝기 비의 관계

| 등급 차이 | 밝기 차(배) |
|---|---|
| 1 | 2.5 |
| 2 | 약 6.3 |
| 3 | 약 16 |
| 4 | 약 40 |
| 5 | 약 100 |

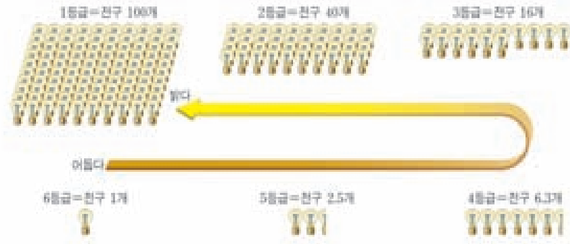



그림 Ⅶ-9 별의 등급과 밝기의 차이

별의 등급

오늘날에는 관측 도구와 기술이 발달하여 맨눈으로 볼 수 없는 어두운 별들도 볼 수 있게 되었다. 그래서 별의 밝기가 약 2.5배씩 증가 또는 감소함에 따라 별의 등급은 1등급씩 감소 또는 증가한다. 밝기가 각 등급의 사이에 해당하는 천체에 대해서는 소수를 써서 나타낸다.

현재는 별의 밝기가 증가 또는 감소함에 따라 별의 등급을 세분하여 나타내고 있다. 이와 같이 우리 눈에 보이는 밝기에 따라 정한 별의 등급을 **겉보기 등급**이라고 한다. 밤하늘에서 가장 밝게 보이는 별인 시리우스의 겉보기 등급은 −1.5등급이고, 북극성은 2.1등급이다. 또 태양은 −26.8등급, 보름달은 −12.5등급이다.

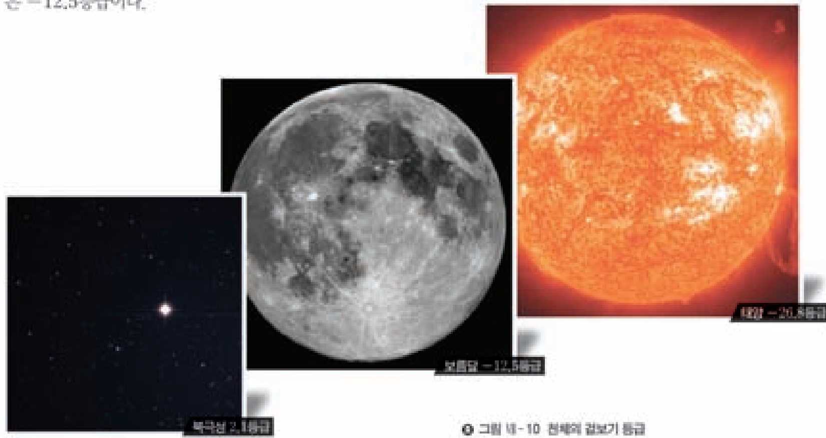
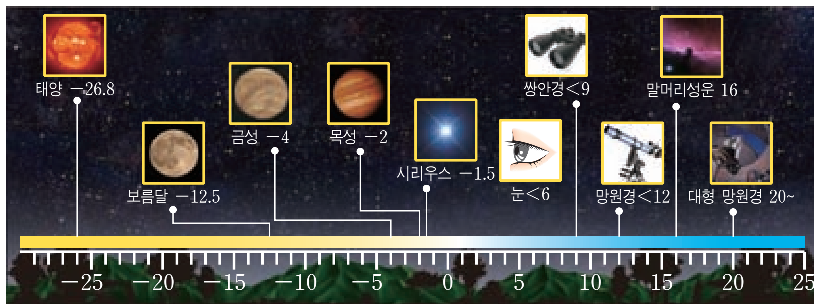



그림 Ⅶ-10 천체의 겉보기 등급

1. 별 321

## 참고 자료 천체들의 겉보기 등급




천체들의 겉보기 등급

겉보기 등급은 별의 겉보기 광도를 측정함으로써 얻어진다. 이렇게 해서 측정된 천체들의 겉보기 등급을 나열해 보면 태양은 −26.8, 보름달은 −12.5, 금성은 −4, 시리우스는 −1.5가 된다. 눈으로 볼 수 있는 별 중 가장 어두운 별의 등급은 +6이며, 별 중 가장 어두운 천체의 겉보기 등급은 +27에서 +28 등급이다.

## 학습 자료실

### 별빛의 양 측정

(1) **안시 측광** 맨눈으로 별빛의 양을 측정하는 방법으로서, 노란색에 민감하다.

(2) **사진 측광** 사진 건판에 감광된 양으로 별빛의 세기를 측정하는 방법으로서, 파란색에 민감하다. 하나의 건판에 많은 수의 별을 찍을 수 있는 장점이 있지만, 별빛을 건판에 효율적으로 모으는 데는 한계가 있다.

(3) **광전 측광** 별빛을 전류의 신호로 바꾸어서 별빛의 세기를 정하는 방법으로서, 정확하게 별의 등급을 정할 수 있다. 사진 측광에 비해 정확하게 별빛을 측정할 수 있지만, 한 번에 하나의 별만을 관측해야 한다.

(4) **CCD 측광** 최근에 많이 활용되는 측광법으로서, 어두운 별까지도 등급을 정할 수 있다. 즉, 사진 측광과 광전 측광의 장점을 모두 활용한 방법으로서, 컴퓨터로 영상을 처리할 수 있다.

### 겉보기 등급

망원경 관측을 통해 +6.0보다 큰 값을 가지는 어두운 별들이 발견되었고, (−)등급의 매우 밝은 별들도 등급의 척도가 확장되었다. 최근에는 허블 우주 망원경으로 +25등급까지도 관측할 수 있다고 한다. 이것은 별의 거리와는 상관없는 밝기이다.

천문학자들은 밝기의 비와 등급을 이용한 수식을 만들었는데, 등급을 각각 $m$, $n$이라고 하고, 겉보기의 밝기가 각각 $l_m$, $l_n$인 두 별이 있다고 할 때, 밝기의 비는 등급의 차에 대응한다. 따라서 등급의 차이는

$$\frac{l_n}{l_m}=100^{\frac{m-n}{5}}$$

이다. 이것을 로그 함수를 취하면,

$$m-n=2.5\log\frac{l_n}{l_m}$$

이 된다. 이 식을 겉보기 등급 또는 실시 등급이라고 정의한다. 이때 $l_n$이 $l_m$보다 크면 $m$값은 $n$값보다 크다. 즉, 밝은 천체는 등급 값이 작다.



학습 자료실

### ❀ 맨눈과 사진의 차이

별들은 다양한 색을 가지고 있다. 사람의 눈은 색에 따라 민감한 정도가 달라서 파란색보다 붉은색을 더 잘 볼 수 있다. 그러나 사진에는 붉은색보다 파란색이 더 밝게 나타난다. 오리온자리의 베텔게우스는 붉은색 별이고, 리겔은 파란색 별이다. 사람의 눈에는 두 별의 밝기가 비슷하게 보인다. 그러나 두 별을 찍은 사진에는 리겔이 베텔게우스보다 더 밝게 나타난다.




🅐 리겔과 베텔게우스를 촬영한 사진

### ❀ 별의 에너지원

태양은 매초 약 $4\times10^{26}$ J의 에너지를 방출한다. 이 중 지구로 들어오는 에너지는 극히 일부에 지나지 않지만, 지구는 1분에 약 4억 t의 석탄을 태울 때 나오는 에너지와 같은 양의 에너지를 흡수한다.

별의 중심핵에서는 핵융합 반응이 일어난다. 이 반응은 가벼운 원자핵이 서로 합쳐져서 보다 무거운 원자핵을 형성하는 것을 말한다. 핵융합 반응에서 질량은 아인슈타인의 질량 에너지 등가 원리에 의해 에너지로 전환되므로 별은 스스로 빛을 낼 수 있다.

아인슈타인의 질량 에너지 등가의 원리는 질량이 에너지로 변한다는 이론으로서, 이 이론에 따르면 질량에 빛의 속도의 제곱을 곱한 만큼 에너지가 생긴다.

$$E=mc^2$$

($E$: 에너지, $m$: 질량, $c$: 빛의 속도)

밤에 도로나 다리의 가로등 불빛을 보면 멀리 있는 가로등일수록 어둡게 보인다. 이것은 가로등에서 방출하는 빛의 양은 거의 같으나 거리가 멀어질수록 우리 눈에 도달하는 빛의 양이 줄어들기 때문이다. 이와 마찬가지로 밤하늘의 별들도 거리가 멀수록 어둡게 보인다.

별의 겉보기 등급은 눈에 보이는 밝기에 따라 정한 등급으로서, 별의 실제 밝기를 나타낸 것은 아니다. 만약 어느 별로부터의 거리가 2배, 3배, …로 멀어지면 별빛이 비치는 면적은 $2^2$배, $3^2$배, …로 늘어난다. 그 결과 단위 면적당 도달하는 별빛의 양은 $\frac{1}{2^2}$배, $\frac{1}{3^2}$배, …로 줄어들어 관측되는 별의 밝기도 각각 $\frac{1}{4}$배, $\frac{1}{9}$배, …로 점점 희미해질 것이다. 즉, 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 그러므로 같은 밝기의 빛을 내는 별도 거리가 가까우면 밝게 보이고, 거리가 멀면 어둡게 보인다.

밤하늘에는 지구와 가까이 있는 별도 있고, 멀리 있는 별도 있다. 따라서 우리가 눈으로 보는 별의 밝기는 실제 밝기가 아니라 별의 위치, 즉 거리의 영향을 받는 밝기이다.

ⓒ 그림 11-11 별의 밝기와 거리의 관계

거리 밝기

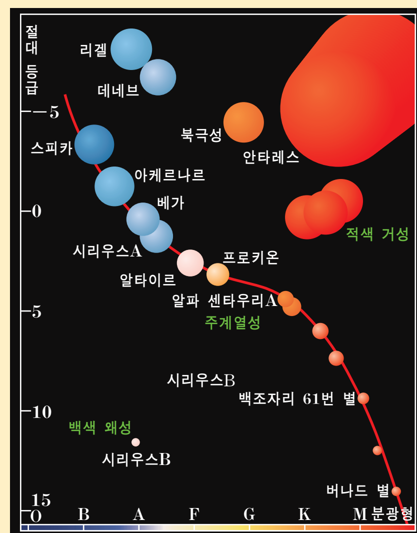
322

### 심화 학습 H-R도와 분광형

H-R(헤르츠스프룽-러셀)도는 별의 절대 등급과 분광형에 따라 별을 분류해 놓은 것이다.

가로축에는 별의 색지수, 분광형(표면 온도)을 나타내고, 세로축에는 별의 절대 등급을 표시하였다.

H-R도를 분석하면 별의 분광형(표면 온도)뿐만 아니라 별의 크기와 진화도 알 수 있다. H-R도를 통해 대부분의 별들이 −8등급에서 16등급 사이에 존재한다는 것을 알 수 있고, 색지수를 통해 대부분의 별들이 0.4에서 2.2 범위 안에 있다는 사실을 알 수 있다.




🅐 H-R도와 분광형

그러면 별의 실제 밝기는 어떻게 비교할 수 있을까? 별의 실제 밝기는 모든 별을 지구로부터 같은 거리에 놓았을 때의 밝기를 비교해야 한다. 별이 지구로부터 10파섹의 거리에 있다고 가정한 별의 밝기 등급을 **절대 등급**이라고 한다.

별의 겉보기 등급과 절대 등급을 알면 지구로부터 별까지의 거리를 알 수 있다. 만약 어떤 별의 겉보기 등급과 절대 등급이 같다면 지구에서 별까지의 거리는 10파섹이 된다. 또 겉보기 등급이 절대 등급보다 크다면 10파섹보다 멀리 있는 별이고, 겉보기 등급이 절대 등급보다 작다면 10파섹보다 가까이 있는 별이다.

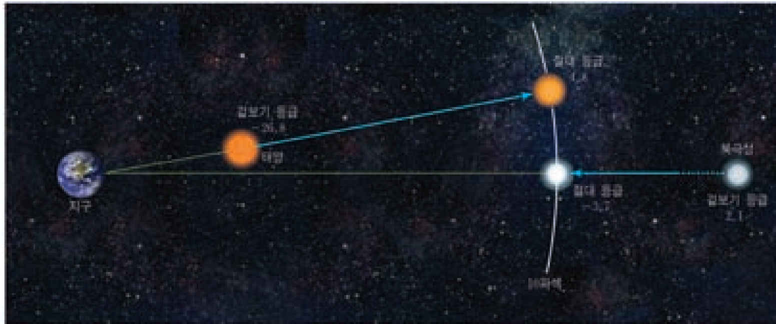



그림 Ⅶ-12 별의 등급과 거리_ 태양이 밝게 보이는 이유는 지구로부터 매우 가까운 거리에 있기 때문이다. 태양의 겉보기 등급은 −26.8등급이지만, 절대 등급은 4.8등급에 불과하다. 따라서 태양과 북극성이 같은 거리에 있다면 태양은 북극성보다도 훨씬 어둡게 보일 것이다.

다음은 대표적인 별의 겉보기 등급과 절대 등급을 나타낸 것이다. 겉보기 등급이 절대 등급보다 큰 별인 리겔과 아크투루스는 10파섹보다 먼 거리에 있는 별이고, 겉보기 등급이 절대 등급보다 작은 별인 시리우스와 알타이르는 10파섹보다 가까운 거리에 있는 별이다.

표 Ⅶ-1 별의 겉보기 등급과 절대 등급에 따른 거리 비교

| 별 | 겉보기 등급 | 절대 등급 | 겉보기 등급 − 절대 등급 |
|---|---|---|---|
| 시리우스 | −1.5 | 1.4 | −2.9 |
| 알타이르(견우성) | 0.8 | 2.2 | −1.4 |
| 리겔 | 0.1 | −6.8 | 6.9 |
| 아크투루스 | 0.0 | −0.3 | 0.3 |

1. 별 323

## 관련 지식

### 절대 등급

별들은 제각각 우주 공간에 위치해 있기 때문에 태양계로부터의 거리도 각각 다르다. 겉보기 등급이 매우 작아서 밝다고 하더라도 상대적으로 겉보기 등급이 큰 별보다 매우 가깝다면 그 별은 실제로 후자의 별보다 어두울지도 모른다. 따라서 겉보기 등급으로는 그 별의 실제 밝기를 알 수 없고, 다른 별과의 밝기도 비교할 수 없다.

천문학자들은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 절대 등급이라는 개념을 도입하였다. 절대 등급은 모든 별들을 지구에서부터 10 pc 거리에 고정시켜서 매긴 등급이다. 일반적으로 절대 등급은 $M$으로 표시하고, 겉보기 등급은 $m$으로 표시한다. 겉보기 등급 값과 별까지의 거리 $d$를 알면 절대 등급을 구할 수 있다.

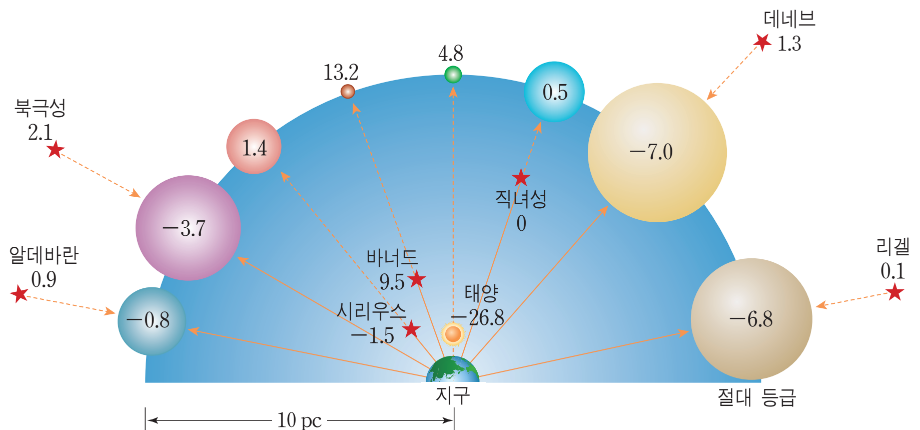
$$M = m + 5 - 5\log d$$

예를 들어, 태양의 겉보기 등급은 −26.8등급, 시리우스의 겉보기 등급은 −1.5등급, 바너드의 겉보기 등급은 9.5등급이지만, 10 pc의 거리에 두고 절대 등급을 계산하면, 태양은 4.8등급, 시리우스는 1.4등급, 바너드는 13.2등급밖에 되지 않는다.

## 과학 돋보기

### 겉보기 등급과 절대 등급의 비교

별의 겉보기 등급과 절대 등급의 차이를 통해 우리가 맨눈으로 보는 별의 밝기는 거리의 영향을 받음을 알 수 있다. 겉보기 등급에서 절대 등급을 뺀 값이 0인 별은 10 pc 거리에, 0보다 작을 경우 10 pc보다 가까운 곳에, 0보다 큰 값일 때는 10 pc보다 먼 곳에 위치해 있다는 것을 알 수 있다.




겉보기 등급과 절대 등급의 비교

### 등급과 등성

등성은 일정한 범위의 등급을 대표하는 표현 방법으로서, 정수로 나타낸다. 즉, 3등성은 2.6등급의 밝기부터 3.5등급 사이의 밝기인 별을 총칭하는 말이다.



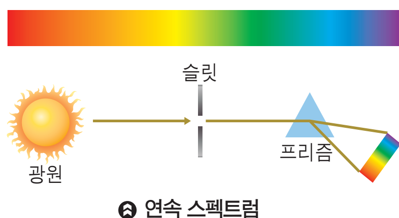

## ❀ 별의 스펙트럼

별빛을 프리즘에 통과시킬 때 빛이 파장에 따라 여러 가지 색으로 나누어진 띠를 스펙트럼이라고 한다. 별의 스펙트럼을 이용하면 대기의 구성 성분과 표면 온도 등을 알 수 있다.

분광기가 부착된 망원경을 통해 별의 스펙트럼을 측정하면, 별빛의 스펙트럼은 별의 표면 온도에 따라 달라지고, 연속 스펙트럼을 배경으로 많은 흡수선이 나타난다.

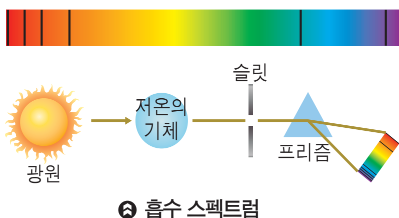
동일한 기체에서 흡수선의 위치와 방출선의 위치는 서로 일치하는데, 이것은 기체를 이루는 원소들이 종류에 따라 각각 고유한 파장의 빛을 흡수하거나 방출하기 때문이다.

(1) **연속 스펙트럼** 별빛이나 태양 빛을 프리즘에 통과시켰을 때 나타나는 연속적인 색들의 띠이다.



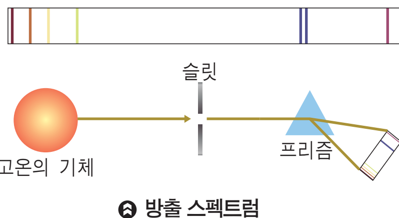

⊙ 연속 스펙트럼

(2) **흡수 스펙트럼** 고온의 광원에서 나온 빛을 저온의 기체에 통과시켜 프리즘으로 분산시켰을 때, 연속 스펙트럼을 배경으로 나타나는 검은색의 띠이다.




⊙ 흡수 스펙트럼

(3) **방출 스펙트럼** 기체를 고온으로 가열시킨 후 광원을 피한 방향에서 프리즘을 통과시켰을 때, 흡수선이 나타나던 자리에 나타나는 밝은색의 띠이다.




⊙ 방출 스펙트럼

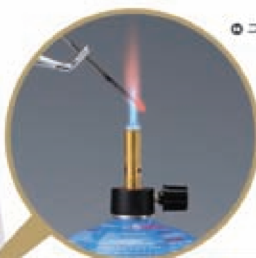
**별의 색과 표면 온도**

밤하늘에 떠 있는 별을 보면 밝기뿐만 아니라 색깔도 서로 다른 것을 알 수 있다. 예를 들어, 겨울철의 대표적인 별자리인 오리온자리에서 볼 수 있는 베텔게우스와 리겔은 각각 붉은색과 파란색을 띤다. 이와 같이 별들의 색깔이 서로 다른 이유는 무엇일까?




⊙ 그림 Ⅶ-13 오리온자리를 이루는 별들의 색깔 ⊙ 그림 Ⅶ-14 안타레스와 시리우스의 색깔

아래 그림과 같이 쇠못을 토치 불꽃에 가열하면 쇠못의 색깔이 온도에 따라 달라지는 현상을 볼 수 있다. 쇠못의 온도가 높아지면 처음에는 붉은색을 내다가 온도가 높아짐에 따라 노란색으로 변한다.



⊙ 그림 Ⅶ-15 쇠못의 온도에 따른 색깔 변화 실험




⊙ 그림 Ⅶ-16 달구어진 쇠막대

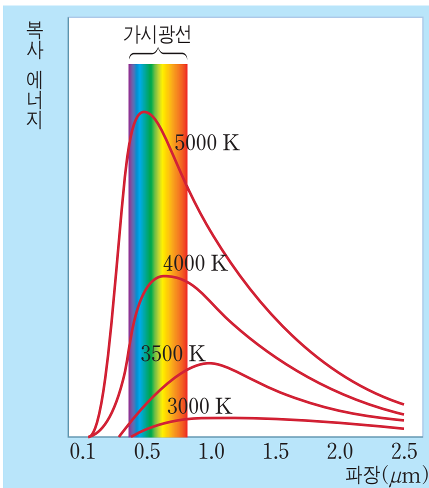
324 Ⅶ. 외권과 우주 개발

과학 돋보기

## ❀ 표면 온도

(1) **별의 표면 온도와 색의 관계** 플랑크 곡선은 흑체의 표면 온도에 따라 흑체 표면에서 방출되는 전자기파의 파장별 에너지 분포 곡선이다.

흑체의 표면 온도가 높을수록 모든 파장에 걸쳐 방출되는 총 에너지의 양이 증가하는데, 흑체의 표면 온도가 높을수록 짧은 파장의 에너지를 많이 방출하므로 파란색으로 보이고, 흑체의 표면 온도가 낮을수록 긴 파장의 에너지를 많이 방출하므로 붉은색으로 보인다. 즉, 별의 표면 온도는 별의 색이 파란색에 가까울수록 높고, 붉은색에 가까울수록 낮다.




⊙ 플랑크 곡선

이와 같이 물체는 온도에 따라서 띠는 색깔이 달라진다. 마찬가지로 별의 색깔도 별의 표면 온도에 따라 다르게 나타난다. 별은 표면 온도가 높을수록 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮을수록 붉은색을 띤다.

별빛을 분광기에 통과시켜 스펙트럼을 관찰해 보면 별의 색깔에 따라 나타나는 스펙트럼의 모습이 다름을 알 수 있다. 표면 온도가 높은 별은 파랗게 보이므로 파란색 영역의 스펙트럼이 강해지고, 표면 온도가 낮은 별은 붉게 보이므로 붉은색 영역의 스펙트럼이 강하게 나타난다.

이러한 별의 스펙트럼형은 크게 O, B, A, F, G, K, M형으로 분류할 수 있다. O형 쪽으로 갈수록 표면 온도가 높고 파란색을 띠며, M형 쪽으로 갈수록 표면 온도가 낮고 붉은색을 띤다.

고온 O형
B형
A형
F형
G형
K형
저온 M형



그림 Ⅲ-17 별의 색깔에 따른 표면 온도와 스펙트럼형

자기 주도 학습

개념 확인하기: 별은 표면 온도가 높을수록 무슨 색을 띠는가?

문제 응용하기: 여름철 전갈자리의 안타레스와 겨울철 큰개자리의 시리우스는 그 계절의 밝은 별인데, 안타레스는 붉은색을, 시리우스는 흰색을 띤다. 그 이유는 무엇인가?

1. 별 325

(2) **별의 표면 온도와 밝기** 별의 표면 온도가 높으면 별에서 단위 면적당 방출되는 에너지의 양이 많아지므로 밝기가 증가한다.

① **슈테판-볼츠만 법칙:** 흑체의 표면에서 단위 면적당 단위 시간에 방출하는 에너지($E$)는 흑체의 절대 온도 $T$의 4제곱에 비례한다는 법칙이다. 여기서 흑체는 모든 파장의 복사를 모두 흡수하는 물체이다.

이 법칙은 슈테판이 실험적으로 알아내었고, 볼츠만이 열역학 이론으로 유도하였다.

$$E=\sigma T^4 \ (\sigma\text{: 슈테판-볼츠만 상수})$$



볼츠만

② **빈의 변위 법칙:** 흑체로부터 방출된 복사 에너지의 파장 분포가 온도에 따라 일정하게 나타난다는 법칙이다. 즉, 최대 복사 에너지를 방출하는 파장($\lambda_{max}$)은 흑체의 온도($T$)가 높을수록 짧아진다.

$$\lambda_{max}=\frac{a}{T} \ (a\text{: 빈 상수})$$



빈

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

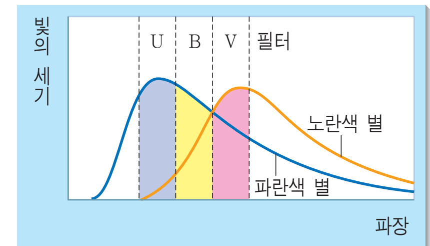
파란색_ 별의 표면 온도는 별 내부에서 생성되는 에너지의 차이에 의해 발생하는데, 별의 표면 온도가 낮을수록 붉은색을 띠고, 별의 표면 온도가 높을수록 파란색을 띤다.

▶ **문제 응용하기**

안타레스가 붉은색으로 보이는 것은 표면 온도가 낮기 때문이며, 시리우스가 흰색으로 보이는 것은 표면 온도가 높기 때문이다. 이와 같이 별의 색깔이 다른 것은 별의 표면 온도가 다르기 때문이다.




❀ $U$, $B$, $V$ 등급과 색지수




두 별의 색지수

- $U$ **등급** 파장이 짧은 자외선만 통과시키는 U 필터를 사용하여 정한 등급이다.
- $B$ **등급** 파란색의 빛만 통과시키는 B 필터를 사용하여 정한 등급이다.
- $V$ **등급** 우리 눈에 민감한 노란색의 빛을 통과시키는 V 필터를 사용하여 정한 등급이다.
- **색지수** 두 등급의 차 $U-B$와 $B-V$가 색지수이다. 표면 온도가 높은 파란색 별은 색지수가 (−)값으로 나타나고, 표면 온도가 낮은 노란색 별은 색지수가 (+)값으로 나타난다.

별의 정확한 색을 알아내기 위해 색지수를 사용하는데, $B$ 등급은 사진을 찍었을 때 나타나는 사진 등급과 비슷하고, $V$ 등급은 안시 등급과 비슷하므로, 일반적으로 $B-V$를 색지수라고 한다.

# 2-1 우리은하

## | 학습 내용 안내 |

(1) 우리은하의 모양과 크기를 안다.

(2) 우리은하는 성단, 성운, 성간 물질로 구성됨을 이해한다.

## | 학습 전개 |

여름철 밤하늘에 보이는 은하수는 왜 띠 모양으로 보이며, 폭이 일정하지 않은지 생각해 보게 한다.



우리은하의 모양이 막대 나선 은하임을 설명하게 한다.



우리은하를 구성하는 성간 물질, 구상 성단과 산개 성단의 구분, 방출 성운과 암흑 성운, 반사 성운의 정의에 대해 설명하게 한다.

## | 지도상의 유의점 |

(1) 우리은하의 중심부에는 막대 구조가 있음을 이해하도록 한다.

(2) 성단과 성운은 사진을 보며 이해하도록 한다.

(3) 오리온 대성운과 플레이아데스 성단이 밤하늘에서 어느 별자리에 있는지 알 수 있도록 하고, 별자리를 이용하여 밤하늘에서 위치를 찾을 수 있도록 한다.

**찾아보기**

- 미국 항공 우주국(NASA) http://www.nasa.gov
- 우주와 외부 은하(2008), Sparke, L. S. 외 1저, 천문석 외 1역, 청범 출판사
- 스페이스(태양계를 지나 우리은하 저 너머까지, 책으로 떠나는 우주 여행, 우주의 모든 것)(2008), 컨캐롤 스톳 저, 이충호 역, 을파소

---

Ⅱ. 외권과 우주 개발

# 2-1 우리은하



**학습 목표**

- 우리은하의 모양과 크기를 설명할 수 있다.
- 우리은하의 구성 천체와 그 특징을 설명할 수 있다.

밤하늘을 바라보면 매우 많은 별들이 있다. 별은 모든 방향에서 똑같은 개수만큼 보이는 것이 아니라 어느 한쪽 방향에서는 더 많은 별이 보인다. 태양계 밖의 별들은 어떻게 분포하고 있을까?

**은하수** 갈릴레이는 약 400년 전에 자신이 만든 망원경으로 은하수를 관측하고, 은하수가 수많은 별들의 집단임을 확인하였다.

맑은 날 깜깜한 곳에서 밤하늘을 바라보면 뿌옇게 빛나는 구름 같은 것이 하늘을 가로질러 있는 것을 볼 수 있다. 이를 **은하수**라고 하는데, 은하수를 망원경으로 관측하면 무수히 많은 별들의 집단임을 알 수 있다. 은하수를 지금보다 훨씬 더 먼 거리에서 바라보거나 다른 방향에서 본다면 어떤 모습으로 보일까?

### 우리은하의 모양과 크기

밤하늘에 보이는 별들은 하늘 전체에 흩어져 있는 것처럼 보이지만, 수천억 개의 별들이 모여 거대한 집단을 이루고 있는 경우가 많다. 이렇게 수많은 별들이 집단을 이루고 있는 것을 **은하**라고 하며, 그중에서 태양계가 속해 있는 은하를 **우리은하**라고 한다. 우리가 살고 있는 지구는 태양계에 포함되어 있으며, 태양계는 우리은하에 포함되어 있다.

그림 Ⅱ-18 은하 중심 방향의 은하수

**은하수를 부르는 이름** 은하수는 나라마다 다르게 부른다. 서양에서는 여신 헤라의 모유가 흘러내려 생겼다는 그리스 신화에 따라 '우윳빛 길(Milky Way)'이라고 부르며, 중국에서는 은빛 강의 지류인 한수로 이어진다고 하여 '은한(銀漢)'이라고 부른다. 우리나라에서는 용이라는 의미의 옛말 '미르'와 강이라는 의미의 '내'를 합쳐 용이 살고 있는 강이라는 뜻으로 '미리내'라고 불렀다.

328 Ⅱ. 외권과 우주 개발

---






### ❀ 은하

(1) **은하수** 은하수는 원반 모양으로 생긴 우리은하의 은하면 방향에 집중되어 모여 있는 별들이다. 은하수가 우리 눈에 뿌연 먼지나 강물이 흐르는 것처럼 느껴지는 것은 이 별들이 태양계로부터 너무 멀리 떨어져 있기 때문이다.

태양계는 우리은하의 안쪽에 위치하고 있으므로 어느 계절에나 은하수를 볼 수 있다. 여름철에는 우리은하의 중심 방향을 바라보게 되므로 폭이 넓고 선명한 은하수를 볼 수 있다.

그러나 겨울철에는 우리은하 중심의 반대 방향을 보게 되므로 비교적 폭이 좁고, 보이는 별의 수도 적다. 봄철과 가을철에는 은하수가 지평선을 따라 분포하므로 관측하기 어렵다.

은하수가 특히 짙게 보이는 곳은 궁수자리 부근으로서, 우리은하의 중심 방향이다. 또 궁수자리 근처에서는 오메가 성운, 삼렬 성운, 라군 성운 등 많은 성운들도 볼 수 있다.

(2) **은하의 질량** 은하의 질량이 은하 중심에 몰려 있다고 가정하고, 은하 중심을 공전하고 있는 태양을 이용하여 계산한 은하의 질량은 태양의 약 1,400～1,500억 배이다. 만약 별들의 평균 질량이 태양과 비슷하다면, 우리은하 안에는 적어도 1,400～1,500억 개 정도의 태양이 존재한다고 볼 수 있다.

은하수는 우리은하의 일부를 지구에서 바라본 모습이다. 은하수를 보면 폭이 넓은 곳도 있고 좁은 곳도 있으며, 갈라진 곳도 있다. 왜냐하면 보는 방향마다 별의 수와 성간 물질의 양이 다르기 때문이다. 특히 여름철에 궁수자리 부근에서 폭이 넓고 밝게 보인다.

그러면 우리은하는 어떤 모양을 하고 있으며, 크기는 얼마나 될까?

우리은하를 위에서 보면 나선형으로 감겨 들어온 물질들이 중심부에 있는 막대 모양의 구조에 연결되어 있다. 여기서 나선형으로 감겨 들어온 부분을 **나선팔**이라고 한다. 또 옆에서 보면 별들이 대체로 원반형으로 분포하고 있고 가운데가 볼록하게 부풀어 있다. 중심부에서부터 원반의 바깥을 공 모양으로 감싸는 영역을 **헤일로**라고 한다. 따라서 우리은하는 막대 구조와 나선팔을 가진 **막대 나선 은하**로 분류한다.

우리은하의 지름은 약 10만 광년이며, 태양계는 우리은하의 중심에서 약 3만 광년 떨어진 곳에 있다. 그러므로 우리는 하늘을 한 바퀴 휘감고 있는 띠 모양의 은하수를 볼 수 있는 것이다.

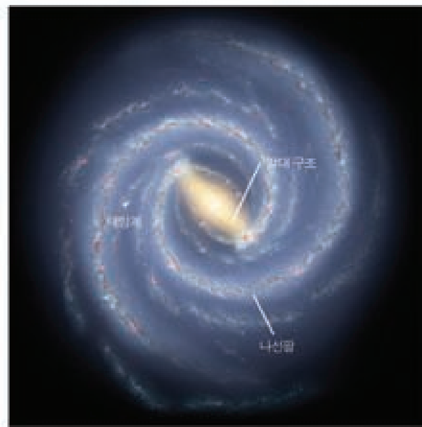



그림 Ⅲ-19 위에서 본 우리은하(막대 나선 은하)




그림 Ⅲ-20 옆에서 본 우리은하(원반 모양)

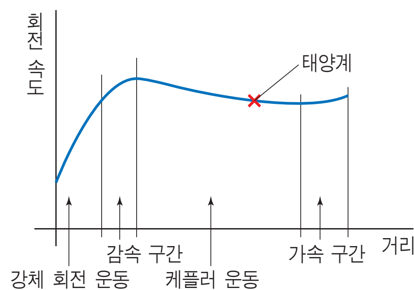



은하수의 모습 우리에게 보이는 은하수는 은하 원반을 옆에서 본 모습이다. 태양계는 은하 원반 안에 있기 때문에 은하수는 지구를 한 바퀴 감싸고 있는 모습으로 보인다.

2. 은하와 우주 329

(3) **우리은하의 회전** 우리은하는 우주 공간에 독립된 계를 이루며 떠 있는 자기 중력계이다. 만약 항성 상호 간에 중력이 작용하지 않는다면, 은하와 같은 항성 집단은 2억 년 정도 사이에 흩어져 버릴 것이다. 그래서 큰 항성 집단이 수축하지도 않고 흩어지지도 않으려면 역학적 평형이 이루어져야 한다. 은하는 편평한 항성 집단이므로 자기 중력에 대한 최대의 반발력은 회전에서 생기는 원심력이다. 은하 중심에서 가까이에 있는 별들은 빠른 속도로 회전하고, 먼 곳에 있는 별들은 느리게 회전한다. 회전할 때 생기는 속도 차이 때문에 우리가 보는 별들의 위치는 조금씩 달라진다. 따라서 시간이 한참 흐른 후에는 지금과는 다른 별자리 모습을 하고 있을 것이다.

우리은하는 약 8 kpc(킬로파섹)까지는 강체와 같은 회전을 한다. 그 바깥쪽에 있는 태양 근처에서의 회전 속도는 약 220 km/s이다. 따라서 우리 지구는 태양 둘레를 약 30 km/s의 속도로 회전하고 있으며, 동시에 태양계는 우리은하 중심 주위를 매우 빠른 속도로 회전하는 것이다.




은하의 거리와 회전 속도 관계




### 21 cm 파

21 cm 파는 중성 수소에서 방출되는 파장이 21 cm인 전파이다. 수소 원자는 양전하를 띠는 양성자와 음전하를 띠는 전자로 이루어져 있다. 이들 양성자와 전자는 각자 자기 자신의 회전축을 중심으로 회전하는데, 이를 스핀이라고 한다. 양성자와 전자의 스핀이 반대 방향일 때 원자는 가장 낮은 에너지 상태에 있게 된다. 성간 공간에서는 수소 원자가 가장 낮은 에너지 상태에 있게 된다. 일부 수소 원자들은 원자 상호 간의 충돌에 의해 들뜬상태가 되어 입자의 스핀이 같은 방향을 갖게 되는데, 이들은 21 cm 파를 방출하면서 낮은 에너지 상태로 되돌아간다.

21 cm 파는 은하 중심의 깊은 곳을 관측할 때 방해가 되는 성간 물질에 흡수되지 않고 쉽게 투과되기 때문에 우리은하의 성간 물질 분포나 우리은하의 회전 등을 연구하는 데 중요한 역할을 한다.

### 우리은하의 나선팔 구조

우리은하의 나선팔 구조는 21 cm 파를 이용하여 알아내었다. 대부분의 성간 물질은 온도가 약 100 K인 중성 수소 가스로 이루어져 있는데, 이 중성 수소에서는 파장이 21 cm인 전파가 방출된다. 따라서 이 21 cm 파의 분포를 전 하늘에 걸쳐 탐사하면 중성 수소의 밀도를 알 수 있는데, 중성 수소가 밀집된 영역을 H1 영역이라고 한다.

우리은하 평면 전체에 대하여 중성 수소의 분포를 조사해 보면, 성간 물질을 이루고 있는 중성 수소는 주로 나선팔에 집중되어 있으며, 매우 비균질적으로 여러 겹의 층으로 이루어진 나선팔을 형성하고 있음을 알 수 있다.

### 고속도 별

태양에서 본 공간 운동 속도가 100 km/s, 때로는 200 km/s가 넘는 항성으로서, 고속도 성이라고도 한다. 이러한 고속도 별은 우리은하가 회전한다는 것을 보여 주며, 타원 궤도를 그린다.

**성간 물질**

별들 사이의 공간에는 가스나 작은 티끌들이 아주 희박하게 흩어져 있는데, 이를 성간 물질이라고 한다. 성간 물질은 주로 수소 가스로 되어 있지만 헬륨, 질소, 암모니아 등도 소량 포함되어 있다.

### 우리은하의 구성

우리은하를 이루고 있는 물질은 별과 성간 물질이다. 우리은하에는 태양과 같은 별이 2천억 개 이상 있으며, 별과 별 사이에는 많은 성간 물질이 있다.

별들은 대부분 따로 떨어져 있는 것처럼 보이지만 여러 개의 별들이 모여 있는 경우도 많다. 많은 수의 별들이 무리지어 있는 것을 **성단**이라고 한다. 성단에는 수만~수십만 개의 별들이 공 모양으로 빽빽하게 모여 있는 **구상 성단**과 수십~수만 개의 별들이 엉성하게 모여 있는 **산개 성단**이 있다.

구상 성단은 주로 우리은하의 중심부나 헤일로에 분포하고 있다. 구상 성단을 이루고 있는 별들은 대부분 붉은색을 띠며 나이가 많다. 산개 성단은 주로 우리은하의 나선팔이나 원반 영역에 분포하고 있으며, 대부분 파란색을 띠며 나이가 젊은 별들로 이루어져 있다.

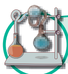
생각 해보 구상 성단과 산개 성단이 분포하는 위치와 각 성단을 구성하는 별들의 색깔 및 나이를 표로 정리하여 비교해 보자.




그림 Ⅱ-21 구상 성단과 산개 성단의 분포

**잠깐 체크**

| 구분 | 구상 성단 | 산개 성단 |
|---|---|---|
| 위치 | 은하 중심부, 헤일로 | 나선팔 |
| 별의 색깔 | 붉은색 | 파란색 |
| 별의 나이 | 많다 | 적다 |



**학습 자료실**

#### ❀ 성간 물질

(1) **성간 가스** 성간 가스는 주로 수소와 헬륨으로 이루어져 있는데, 수소 분자의 크기는 약 0.0001 μm(마이크로미터) 정도이다. 가시광선의 파장이 0.5 μm 내외이므로 이들은 가시광선의 파장보다 매우 작다. 따라서 이들은 별빛의 산란이나 흡수에 거의 기여하지 못하여 별빛을 차단하지 못한다. 대신 이들은 성간 흡수선을 만들어 내므로 성간 흡수선을 통해서 그 존재를 알 수 있다.

(2) **성간 티끌** 성간 티끌은 크기가 0.1~1 μm 범위의 고체 입자로서, 얼음이나 규산염으로 되어 있다. 이들의 크기는 가시광선의 파장과 비슷하므로 별빛을 산란시키거나 흡수하여 먼 곳으로부터 오는 별빛을 차단한다. 따라서 이들의 존재는 빛을 흡수하거나 산란시키는 정도를 연구하여 알아낸다. 성간 티끌의 개수 밀도는 성간 가스보다 훨씬 작아 1 $km^3$에 100개 정도 존재한다. 따라서 총 질량으로 따져도 성간 티끌은 성간 가스의 1 % 정도 밖에 되지 않는다.

#### ❀ 성간 편광

일반적으로 별에는 전기장이나 자기장이 특정한 방향으로 진동하는 현상이 나타나지 않는다. 그러나 성운에 존재하는 티끌에 의해 성운에서는 모두 편광 현상이 나타난다. 구형 입자는 편광을 일으키지 못하기 때문에 성간 티끌은 막대 모양, 바늘 모양 등과 같이 비대칭 모양을 하고 있다는 사실이 밝혀졌다.

**과학 돋보기**

#### ❀ 성단

(1) **구상 성단** 구성 성단은 항성들이 매우 강한 중력의 영향으로 묶여 있으며, 최근의 연구를 통해 은하로부터 생겨나는 것이 아니라 빠른 속도로 새로운 별들을 탄생시키는 고밀도 지역에서 생성된다는 증거를 발견하였다. 구상 성단의 H-R도를 통해 주계열 전향점의 밝기와 색지수를 이용하여 나이를 측정하고, 밝은 거성을 관측하여 수평 계열의 존재나 RR Lyrae 변광성 등으로부터 성단의 총 색지수와 밝기를 알아내어 판별한다.

(2) **산개 성단** 같은 집단 내의 다른 항성들과 상호적으로 약하게 중력의 영향을 미치고 있다. 활동적으로 항성을 생성해 내는 나선 은하와 불규칙 은하에서만 발견된다. 산개 성단은 은하 중심 궤도에서 움직일 때 다른 성단들이나 가스 구름에 의해 방해를 받기도 하고, 성단의 일부(항성)를 잃기도 한다.

산개 성단은 항성의 진화를 연구하는 데 중요한 요소이며, 이 항성들은 매우 유사한 시기에 형성되어 화학적 조성이 비슷하다.

플레이아데스 성단이나 히아데스 성단, 페르세우스자리 알파 성단 등 많은 수의 성단들은 맨눈으로도 관측할 수 있다.

한편, 성간 물질이 한곳에 모여 구름처럼 보이는 것을 **성운**이라고 한다. 성운에는 방출 성운, 암흑 성운, 반사 성운 등이 있다.

고온의 가스가 스스로 빛을 내는 **방출 성운**은 내부에 있는 고온의 별로부터 에너지를 받은 가스가 빛을 내는 것이다. 겨울철에 오리온자리를 보면 오리온의 허리 아래에 밝게 빛나는 몇 개의 별들이 구름 같은 것에 둘러싸여 있는 것을 볼 수 있다. 이 부분을 망원경으로 관측하면 방출 성운인 오리온 대성운을 볼 수 있다.

차가운 티끌로 이루어진 **암흑 성운**은 멀리서 오는 별빛을 차단하기 때문에 검게 보인다. 대표적인 암흑 성운으로는 말머리성운이 있다.

별 주위를 둘러싼 가스나 티끌이 주위의 별빛을 반사하여 밝게 빛나는 **반사 성운**은 플레이아데스 성단 부근의 메로페 성운이 대표적이다. 이 성운은 겨울철 황소자리 부근에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

인터넷 과학 세상
검색 우주의 보석 '목걸이성운'

말머리성운의 위치
오리온자리의 허리 부분을 이루는 세 별 중 맨 아래에 있는 별 부근에서 암흑 성운인 말머리성운을 관측할 수 있다.



그림 Ⅷ-22 오리온자리 부근의 성운

자기 주도 학습
개념 확인하기: 우리은하의 반지름은 얼마인가?
문제 응용하기: 우리은하의 중심 방향을 어떻게 찾을 수 있을까?

2. 은하와 우주 331

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

우리은하의 반지름은 약 5만 광년이며, 태양계는 은하 중심으로부터 3만 광년 정도 떨어진 거리에 있다.

▶ **문제 응용하기**

은하의 중심이 있는 방향은 많은 별들과 성간 물질이 있어 은하수의 폭이 넓게 보인다. 이렇게 찾은 우리은하의 중심 방향은 은하수에서 폭이 가장 넓은 궁수자리 방향이다.

## ❀ 성운

(1) **방출 성운** 성운 내부에 있는 고온의 별이 주위의 성간 가스를 전리시키고, 전리된 성간 가스가 빛을 방출한다. 대표적인 것은 오리온 대성운이다.

(2) **암흑 성운** 가시광선 영역에서 성간 티끌은 뒤쪽에서 오는 별빛을 효과적으로 차단해 성간 물질이 분포하고 있는 성간운의 내부를 볼 수 없게 만든다. 이러한 차폐 현상 때문에 은하수 지역의 어두운 부분이나 암흑 성운이 만들어진다. 암흑 성운은 온도가 매우 낮은 성간 공간에 티끌이 모여 있는 것으로서, 뒤쪽에서 오는 별빛을 가리는 불투명한 구름이다. 대부분의 암흑 성운은 방출 성운 부근에 있거나 전면에 중첩되어 존재한다. 1930년 성단의 관측으로부터 성간 공간에 별빛을 차단하는 물질이 존재한다는 사실이 밝혀졌다. 대표적인 암흑 성운인 말머리성운은 겨울철에 오리온자리 부근에서 관측할 수 있다.

(3) **반사 성운** 밝은 별 근처에 있는 티끌 구름이 별에서 나오는 빛을 산란시키는 것이다. 대표적인 반사 성운은 플레이아데스 성단 주위에 있는 메로페 성운이다. 메로페 성운은 가을철이나 겨울철에 황소자리 부근에서 관측할 수 있는데, 망원경보다는 쌍안경으로 관측하는 것이 더 효과적이다.




## ❀ 성협(Association)

성협은 매우 느슨하게 묶여 있는 별들의 집단으로서, 산개 성단이나 구상 성단보다 느슨하게 묶여 있고, 1개의 성협에는 보통 10개에서 100개의 항성이 존재한다. 성협을 구성하는 항성들은 같은 곳에서 태어났지만, 서로 중력적으로 속박되어 있지는 않고 우주 공간을 비슷한 방향으로 이동한다.

## ❀ 목걸이 성운

지구에서 약 1만 5,000광년 떨어진 곳의 작은 별자리인 화살자리 부근에 목걸이 성운이 존재한다.


목걸이 성운

2005년에 처음 발견되었는데, 화려한 다이아몬드 목걸이와 같이 빛나고 있어 목걸이 성운이라고 불린다. 목걸이 성운의 크기는 무려 반 광년이며, 폭은 약 19조 3,000억 km이다. 목걸이의 중심이 되는 별은 실제로 공전 주기가 하루이며, 근접한 위치에 두 별이 쌍성 구조를 이루고 있다. 파란색 부분은 수소, 녹색 부분은 산소, 빨간색 부분은 질소이다.

# 2-2 외부 은하와 우주

## | 학습 내용 안내 |

(1) 외부 은하의 종류를 안다.

(2) 외부 은하들에서 적색 편이가 생기는 이유를 안다.

(3) 우주가 팽창하고 있음을 이해한다.

## | 학습 전개 |

안드로메다은하는 우리은하와 어떻게 다른지 생각해 보게 한다.



외부 은하들은 모양에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 구분할 수 있음을 설명하게 하고, 은하들이 모여서 은하군, 은하단, 우주 거대 구조를 형성함을 설명하게 한다.



우주는 한 점에서 대폭발로 탄생한 후 팽창하고 있으며, 그 때문에 외부 은하들의 적색 편이가 나타남을 설명하게 한다.



# 2-2 외부 은하와 우주

**학습 목표**
- 외부 은하를 분류하는 기준과 종류를 설명할 수 있다.
- 적색 편이가 생기는 이유를 설명할 수 있다.
- 우주가 팽창하고 있음을 증거를 들어 설명할 수 있다.

거리가 먼 경우 밤하늘에서 하나의 별로 보이는 외부 은하는 실제로는 하나의 별이 아니라 수천억 개의 별들이 모여 있는 집단이다. 그렇다면 이들은 얼마나 멀리 떨어져 있기에 은하가 하나의 별처럼 보이는 것일까? 또 우주는 얼마나 넓은 것일까?

20세기 들어 과학 기술이 비약적으로 발전함에 따라 천체 관측 장비와 관측 기술도 발달하게 되었다. 특히 허블 우주 망원경은 우리은하 밖에 있는 천체들의 생생한 모습을 제공하였다. 그러면 우리은하 밖에 있는 은하들은 어떤 모습을 하고 있으며, 어떤 특징을 가지고 있을까?

**더하기 외부 은하**
20세기 이전에는 외부 은하를 성운이나 성단으로 생각하였으나, 외부 은하까지의 거리가 알려짐으로써 외부 은하가 우리은하 밖에 존재한다는 것이 밝혀졌다.

### 외부 은하

우리은하 밖에 있는 은하들을 **외부 은하**라고 한다. 현재 우리은하 바깥에는 천억 개의 외부 은하들이 있는 것으로 알려져 있다. 외부 은하들은 크기와 모양이 다양하며, 우리은하로부터의 거리도 각각 다르다.

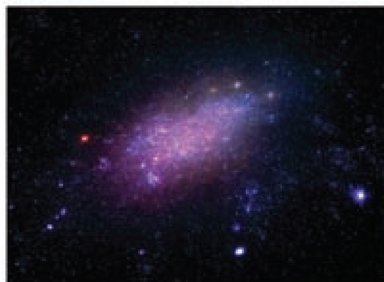


그림 Ⅶ-23 대마젤란은하_ 우리은하에서 가까운 은하로서, 약 16만 광년 떨어진 거리에 있는 불규칙 은하이다.



그림 Ⅶ-24 안드로메다 은하_ 맨눈으로도 볼 수 있으며, 약 250만 광년 떨어진 거리에 있고, 지름이 약 20만 광년인 정상 나선 은하이다.



## | 지도상의 유의점 |

(1) 우주를 구성하는 기본 단위가 은하임을 알도록 한다.

(2) 외부 은하의 적색 편이를 통해 우주가 팽창하고 있음을 알 수 있도록 한다.

**찾아보기**
- 한국항공우주연구원 http://www.kari.re.kr
- 우주(대폭발에서 블랙홀까지 모든 것을 담은 우주 대백과 사전 UNIVERSE)(2009), 마틴 리스 저, 윤홍식 외 2역, 사이언스북스
- 외부 은하(2000), 천문석 저, 연세대학교 출판부






### ❀ 외부 은하까지의 거리

남반구의 하늘에 있는 대마젤란은하는 우리은하와 가까운 은하이다. 대마젤란은하는 우리은하 주위를 도는 우리은하의 위성 은하로서, 반지름이 우리은하의 $\frac{1}{20}$ 정도밖에 되지 않는다. 대마젤란은하는 우리은하로부터 거리가 약 15만 7천 광년밖에 되지 않을 정도로 가까이에 있다. 그러나 이 거리는 다른 외부 은하에 비해 가까이 있다는 것이지 실제 거리가 그렇게 가까운 것이 아니다. 16만 광년이라는 거리는 현재 우리가 보는 대마젤란은하의 모습이 16만 년 전에 대마젤란은하를 출발한 빛이라는 이야기도 된다.

### ❀ 외부 은하까지의 거리 구하는 방법

외부 은하의 거리를 구하는 방법은 외부 은하 안에 있는 변광성을 이용한다. 변광성의 주기-광도 관계에서 주기를 측정해서 절대 광도를 유추해 거리를 알 수 있다. 그러나 우리은하에서 비교적 가까운 거리에 있는 은하들에 대해서만 이용할 수 있다. 또 다른 방법은 외부 은하의 회전 속도를 이용하여 절대 광도를 구하는 것이다. 절대 광도를 알아내면 겉보기 등급과의 관계를 이용하여 거리를 구할 수 있다.

외부 은하들은 모양에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하며, 나선 은하는 다시 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 구분한다.

**타원 은하**는 공이나 타원 모양을 하고 있으며, 나선팔 구조가 보이지 않는 은하이다. 또한 별 사이에 성간 물질이 거의 없으며, 주로 나이가 많은 별들로 이루어져 있다.

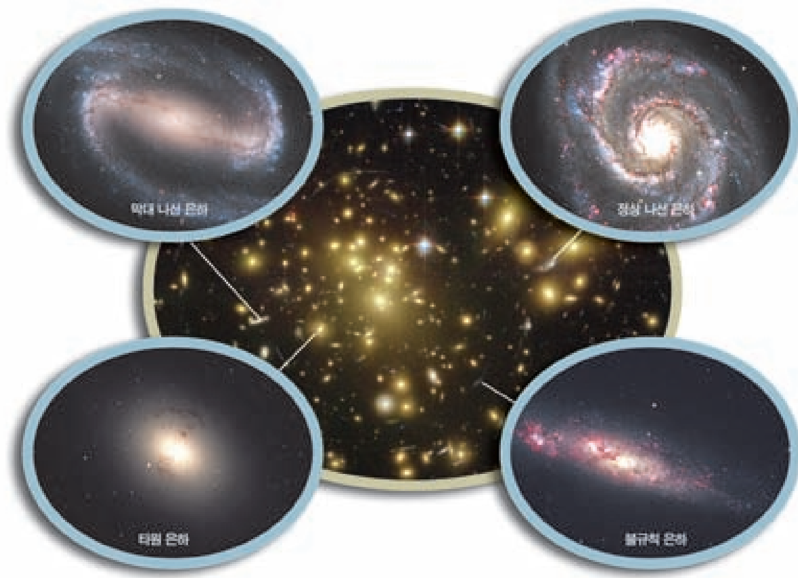
**나선 은하**는 나선팔 구조를 가지고 있다. 이 나선팔에는 성간 물질이 풍부하여 새로운 별이 탄생하므로 젊은 별들이 많이 분포하고 있다. 반면에, 중심부에는 나이가 많은 별들이 분포하고 있다. 나선 은하는 중심부에 막대 모양의 구조가 있는 **막대 나선 은하**와 막대 구조가 없는 **정상 나선 은하**로 구분한다.

**불규칙 은하**는 모양이 일정하지 않은 은하로서, 별이 집중된 중심부가 보이지 않으며, 많은 가스와 젊은 별들이 섞여 있다.



그림 Ⅶ-25 전파 은하_ 보통의 은하보다 수백에서 수백만 배 이상의 강한 전파를 방출하는 은하로서, 은하 내부에서의 강한 폭발이나 은하끼리의 충돌 때문에 전파를 방출하는 것으로 추정된다.

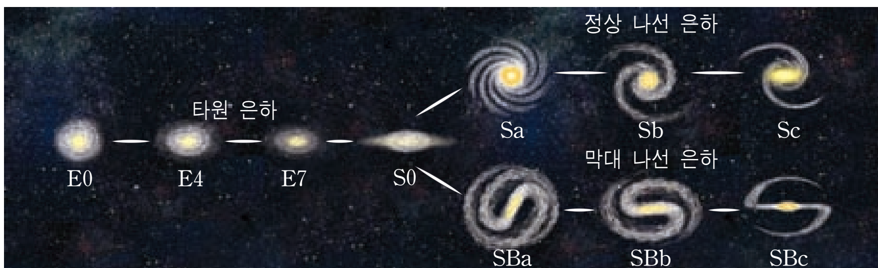
그림 Ⅶ-26 여러 가지 외부 은하






## 외부 은하 분류

허블은 1926년에 은하들을 분류하는 기준을 제시하였는데, 이 기준은 외부 은하의 특징을 잘 반영하고 있어 오늘날까지도 이용하고 있다. 은하는 크게 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 구분하며, 나선 은하는 다시 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 분류한다.




외부 은하의 분류

타원 은하는 타원의 납작한 정도에 따라 E0~E7까지로 세분하며, 정상 나선 은하는 나선팔이 감긴 정도와 은하핵의 크기에 따라 Sa, Sb, Sc로 구분하고, 막대 나선 은하는 막대의 길이 정도에 따라 SBa, SBb, SBc로 구분한다.




## 타원 은하

구형인 경우 E0이며, E 뒤의 숫자가 커질수록 타원형을 이루는데, 현재 E7(긴 반지름 : 짧은 반지름=10 : 3)이 편평도가 가장 큰 은하이며, 그 이상의 것은 발견되지 않았다.

## 렌즈형 은하

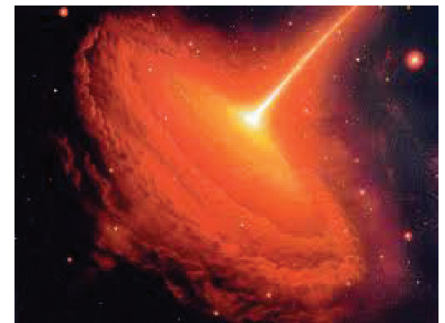
S0 은하는 나선 은하와 타원 은하의 중간에 속하는데, 성간 물질이 없고 나선팔이 보이지 않으며, 나선 은하처럼 납작한 원반 모양을 이루고 있다. 허블은 S0 은하를 발견하지 못하였으나, 후에 샌디지에 의해 확인되었다.

## 전파 은하

강한 전파를 방출하는 은하로서, 은하의 활동이 활발한 활동 은하이다. 서로 반대 방향으로 두 개의 거대한 전파 방출 영역이 존재한다. 또 전파를 방출하는 좁은 선과 같은 물질의 흐름인 제트가 존재한다. 이러한 강한 활동은 핵에서 만들어지는 것으로 보이며, 이들은 은하의 한 종류라기보다는 은하의 진화 단계 중 한 단계일 것으로 추정하고 있다.

## 퀘이사

일반 은하보다 작지만 훨씬 강한 전파를 낸다. 스펙트럼을 보면 매우 큰 적색 편이를 보이는 천체로서, 매우 먼 별에 해당된다. 퀘이사에서 오는 빛은 우주의 나이가 현재의 $\frac{1}{10}$도 되지 않았을 때 출발한 것으로 추정된다. 대부분의 전파 퀘이사는 점원이며, 일부는 전파 은하와 같은 제트를 가지고 있는 것들도 있다.



퀘이사



## ❀ 국부 은하군

국부 은하군을 이루는 은하들은 절반 정도가 타원 은하이고, 나머지는 나선 은하 또는 불규칙 은하이다. 이들은 은하 사이의 중력에 의해 서로 멀어지지 않는 것으로 추정된다.

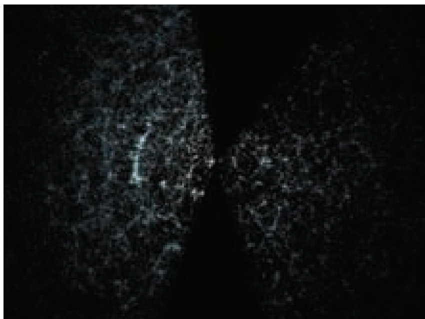
우리은하가 속해 있는 국부 은하군은 국부 초은하단이라고 불리는 더 큰 집합체의 일부를 이룬다. 국부 초은하단의 지름은 약 1억 광년이다. 국부 초은하단의 중심에는 처녀자리 은하단이 위치해 있어 국부 초은하단을 처녀자리 초은하단이라고도 부른다. 국부 은하군은 처녀자리 은하단을 향해 270 km/s의 속도로 이동하고 있다.



처녀자리 은하단

## ❀ 보이드

우주 거대 구조에는 은하들이 거의 없는 빈 공간이 존재한다. 그렇다고 아예 물질이 없는 것은 아니다. 그 공간을 암흑 물질이 채우고 있거나, 은하 규모보다 작은 빛을 내는 천체가 존재한다. 이러한 지역을 보이드라고 부른다. 또한 은하단이 없는 지역을 슈퍼 보이드라고 하는데, 이 지역에는 은하단보다 작은 규모의 천체들이 존재한다.



우주 거대 구조

별들이 모여 성단을 이루고 있듯이 은하들도 모여서 집단을 이루고 있다. 은하들은 우주 공간에 고르게 분포되어 있지 않으며, 수십 개의 은하가 모여 **은하군**을 이루기도 하고, 더 많은 수의 은하들이 모여 **은하단**을 이루기도 한다. 우리은하도 가까운 거리에 있는 대마젤란은하, 안드로메다은하 등과 함께 **국부 은하군**을 이루고 있다. 은하군과 은하단들은 모여서 더 큰 **초은하단**을 형성하기도 한다.

초은하단보다 큰 외부 은하의 집단을 **거대 구조**라고 한다. 거대 구조에서는 은하 집단들이 마치 그물처럼 이어진 듯한 모습을 하고 있으며, 그물 구조 사이에는 비누 거품과 같이 은하들이 거의 없는 빈 공간이 존재한다.



그림 Ⅶ-27 국부 은하군

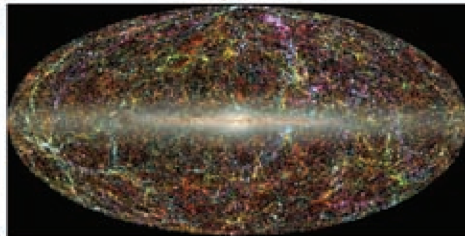
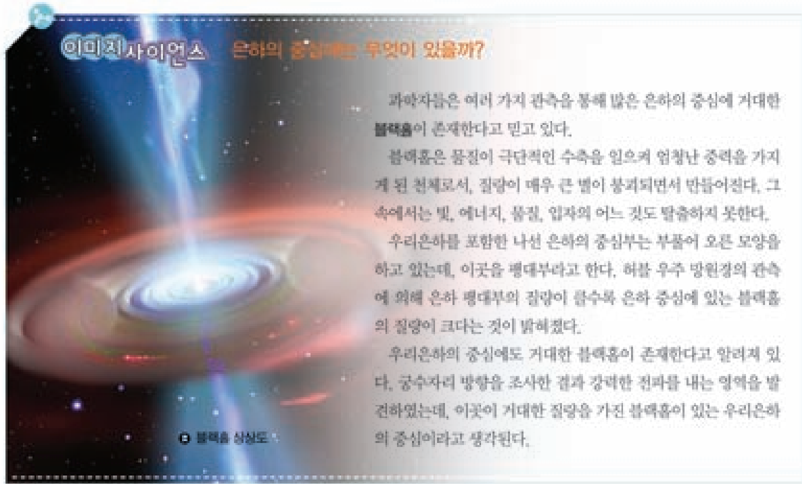


그림 Ⅶ-28 거대 구조



이미지 사이언스 은하의 중심에는 무엇이 있을까?

과학자들은 여러 가지 관측을 통해 많은 은하의 중심에 거대한 **블랙홀**이 존재한다고 믿고 있다.

블랙홀은 물질이 극단적인 수축을 일으켜 엄청난 중력을 가지게 된 천체로서, 질량이 매우 큰 별이 붕괴되면서 만들어진다. 그 속에서는 빛, 에너지, 물질, 입자의 어느 것도 탈출하지 못한다.

우리은하를 포함한 나선 은하의 중심부는 부풀어 오른 모양을 하고 있는데, 이곳을 팽대부라고 한다. 허블 우주 망원경의 관측에 의해 은하 팽대부의 질량이 클수록 은하 중심에 있는 블랙홀의 질량이 크다는 것이 밝혀졌다.

우리은하의 중심에도 거대한 블랙홀이 존재한다고 알려져 있다. 궁수자리 방향을 조사한 결과 강력한 전파를 내는 영역을 발견하였는데, 이곳이 거대한 질량을 가진 블랙홀이 있는 우리은하의 중심이라고 생각된다.

블랙홀 상상도

334 외권과 우주 개발

**심화 학습** 블랙홀의 생성

블랙홀은 질량이 매우 큰 별이 진화하여 최후의 상태에 이르렀을 때 형성된다고 알려져 있다.

별의 중심부에서는 핵융합 반응이 일어나고, 그 결과로 점점 더 무거운 원소들이 만들어진다. 태양과 같은 주계열성 별의 내부에서는 수소가 핵융합 반응을 하여 헬륨으로 변한다. 중심부의 수소가 모두 헬륨으로 변하면 중심부가 수축하여 온도가 올라가고 다시 헬륨이 핵융합 반응을 하여 탄소로 변한다.

태양 정도의 질량을 가진 별에서는 헬륨핵 융합 반응으로 중심부에서의 핵융합 반응은 끝나지만, 질량이 큰 별은 중심부의 수축에 따라 더 높은 온도를 형성할 수 있기 때문에 새로운 핵융합 반응이 계속 일어날 수 있다. 동시에 별의 바깥쪽은 내부에서 생성되는 에너지 때문에 계속 팽창하게 된다.

그 결과 별의 중심부에서는 무거운 원소인 철이 형성되며, 이 단계에서 별의 바깥쪽을 이루고 있던 물질은 초신성 폭발로 사라지고 중심부는 더욱 수축하게 된다. 이때 질량이 매우 큰 별은 중심부가 수축하여 블랙홀로 변하게 된다.

보충·심화

# 우주에서의 교통사고 - 은하 충돌

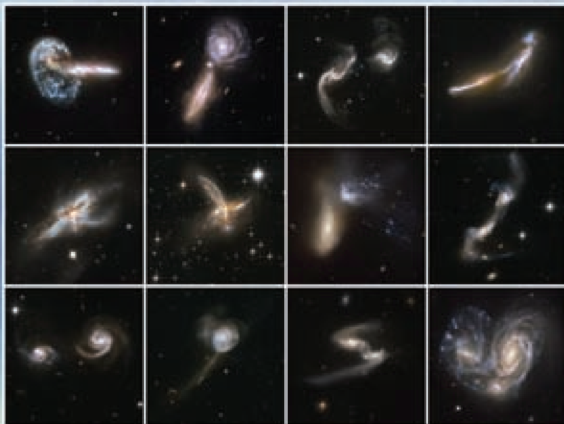
우주에서도 교통사고가 일어나는데, 바로 은하의 충돌이다.

불과 수십 년 전만 하더라도 과학자들은 각각의 은하는 하나의 고립된 섬처럼 고정되어 있다고 생각하였지만 현재는 그런 생각이 바뀌었다. 은하끼리 서로 합쳐지거나 하나의 은하가 다른 은하를 통과하기도 하는 등 은하의 충돌은 매우 흔한 현상이다. 간혹 중심부에 두 개 이상의 핵을 가지거나 서로 겹쳐져 있는 듯한 모습의 외부 은하들이 발견되기도 하는데, 이 역시 은하가 충돌해서 생긴 결과이다.

광활한 우주 공간에서 은하들이 충돌하면 어떤 일이 벌어질까?

은하끼리의 충돌은 우리가 상상하는 교통사고와는 다르다. 은하를 이루는 별의 크기에 비해 별과 별 사이의 거리가 매우 멀기 때문에 은하가 충돌하더라도 별과 별이 직접적으로 충돌하는 일은 거의 없다. 그러나 별 사이의 공간을 채우는 성운들은 부딪치거나 합쳐지는 것을 피할 수 없는데, 이때 많은 수의 새로운 별들이 한꺼번에 태어난다. 이렇게 충돌하는 은하는 그 모습이 일정하지 않아서 정체가 밝혀지기 전까지는 특이 은하라고 부르기도 하였다. 특히 거대한 타원 은하 중에는 은하의 충돌로 만들어진 것들이 많다.

현재 우리은하와 비교적 가까이에 있는 안드로메다 은하는 우리은하 쪽으로 시속 약 1백만 km의 속력으로 다가오고 있다. 그래서 과학자들은 언젠가 우리은하와 충돌할 것으로 보고 있다. 물론 정면으로 충돌할지 스쳐서 지나갈지는 아직 확실하지 않다. 약 40억 년은 지나야 일어날 수 있는 일이기 때문이다. 만약 두 은하가 정면으로 충돌한다면 거대한 타원 은하로 재탄생하게 될 것이다.



허블 우주 망원경으로 촬영한 충돌하는 은하들의 모습

2. 은하와 우주 335

## 참고 자료 안드로메다은하

안드로메다은하는 우리은하와 가까운 거리에 있는 거대한 나선 은하이다. 안드로메다은하는 가을철 별자리인 안드로메다자리 부근에 있으며, 아주 어두운 곳에서는 육안으로도 볼 수 있다. 일반적으로 성도에는 M31로 표시되어 있으며, 소형 쌍안경을 이용하여 관측하면 쉽게 볼 수 있다.



안드로메다은하

안드로메다은하에는 우리은하보다 더 많은 별이 있으며, 광도도 우리은하의 두 배정도로 추정된다. 그러나 질량은 우리은하의 80 % 정도인데, 그것은 우리은하가 암흑 물질을 더 많이 가지고 있기 때문이다.

안드로메다은하의 지름은 약 20만 광년으로서, 우리은하보다 크며, 우리은하로부터는 약 200만 광년 떨어져 있다. 과거에는 안드로메다은하를 우리은하의 구성 요소인 성운으로 생각하여 안드로메다 성운으로 부르기도 하였으나, 1920년대에 허블이 외부 은하임을 밝혀냈다.

## 보충·심화

### 은하 충돌

안드로메다은하의 진화 과정을 재현한 결과, 안드로메다은하는 약 90억 년 전에 두 개의 은하가 충돌한 뒤 55억 년 전에 합쳐진 것으로 나타났다. 안드로메다은하가 은하 간 합병의 결과일 가능성은 이전부터 제기되어 왔다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 은하 간 합병의 구체적인 시기까지 밝혀졌으며, 안드로메다은하의 대표적 특성인 가스와 먼지 고리를 포함한 크고 얇은 원반 및 커다란 중앙 팽대부, 늙은 별들로 이루어진 거대한 흐름 등을 재현하였다. 또 이와 관련하여 우리은하도 비슷한 방식으로 탄생했을 것으로 추정하고 있다.

### 소행성 충돌

소행성은 타원 궤도를 따라 태양 주위를 공전한다. 어떤 것들은 수성보다 더 안쪽으로 태양에 접근하는 긴 타원 궤도를 가지는 것도 있다. 또한 몇몇 소행성들은 지구의 경로를 가로지르는 궤도를 가지고 있어 어떤 것들은 지구와 충돌하기도 했고, 소행성과 지구와의 충돌 위험이 거론되기도 한다. 미국이 발견한 아포피스는 태양계를 6~7년 주기로 도는데, 2029년 지구에 접근해 지구와의 충돌 가능성이 제기되고 있다. 만약 대륙에 떨어진다면 원자 폭탄의 10만 배 정도의 폭발력을 일으킬 것으로 예상하고 있다. 또한 폭발로 지각 변동, 대기 오염, 지구 온도 변화 등과 같은 대재앙이 이어질 것으로 예상된다.

### 중성자별 충돌

중성자별은 무거운 항성이 항성 진화의 마지막 단계에서 초신성을 겪은 다음 남게 되는 핵이 중력 붕괴를 거치면서 만들어진다. 중성자별이 충돌한다면 이 충돌은 200 Mt(메가톤) 정도의 핵폭탄의 위력과 비슷할 것으로 추정된다.

## 학습 자료실

### 팽창의 증거

(1) **분광법**　먼 공간에 흩어져 있는 은하들의 분광 사진을 망원경으로 찍어 보면 그 속에 나타난 흡수선의 위치가 기존의 위치로부터 붉은색 쪽으로 옮겨져 있음을 알 수 있다. 이를 통해 빛을 내는 먼 은하들이 멀어져 가고 있다고 해석할 수 있다.

(2) **온도 측정**　임의의 우주 공간 지점의 온도를 측정하는 방법이다. 온도는 부피가 커질수록 내려가기 때문에 온도가 내려가고 있다는 사실은 우주 공간이 넓어지고 있다는 증거가 된다.

(3) **적색 편이**　멀리 떨어진 은하에서 나오는 빛의 스펙트럼을 조사해 보면 적색 편이가 나타나는데, 이것은 우주가 팽창하고 있다는 이론을 뒷받침한다. 허블 법칙은 이 이론을 정량화한 것으로서, 우주가 팽창하는 속도는 거리에 비례한다는 사실도 밝혀졌다.

**팽창 우주**

우리은하에서 관측한 외부 은하들은 대부분 우리은하로부터 멀어져 가고 있다. 외부 은하들이 우리은하로부터 멀어져 가는 것은 어떻게 알 수 있을까?

관측자에게 다가오는 구급차의 사이렌 소리는 구급차가 정지해 있을 때보다 높게 들리고, 멀어지는 구급차의 사이렌 소리는 구급차가 정지해 있을 때보다 낮게 들린다. 이러한 현상은 파동을 일으키는 물체가 정지해 있을 때보다 관측자에게 다가오거나 멀어질 때 파장이 짧아지거나 길어지기 때문인데, 이러한 현상을 **도플러 효과**라고 한다.

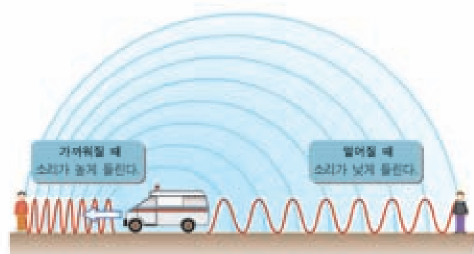



그림 Ⅲ-29 도플러 효과의 원리

**흡수선**
빛의 스펙트럼 중 특정한 파장의 빛이 보이지 않아 일부 검게 보이는 선

빛도 소리와 같이 파동의 성질을 가지고 있으므로 도플러 효과가 나타난다. 외부 은하에서 오는 빛을 분광기에 통과시키면 특정한 파장에서 흡수선이 나타난다. 이때 외부 은하가 우리에게 다가오면 흡수선의 위치가 정지해 있을 때보다 파란 빛 쪽으로 이동하는 **청색 편이**가 나타난다. 반대로, 외부 은하가 우리로부터 멀어지면 흡수선의 위치가 붉은 빛 쪽으로 이동하는 **적색 편이**가 나타난다.

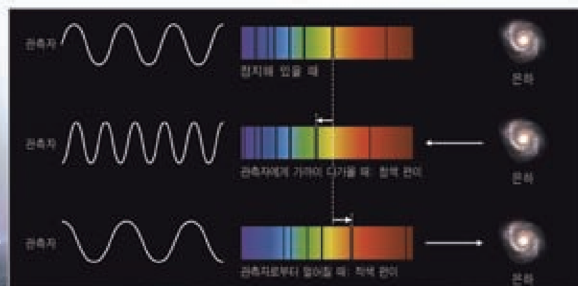



그림 Ⅲ-30 빛의 도플러 효과

336　Ⅲ. 외권과 우주 개발

### 정상 상태 우주론

프레드 호일, 토마스 골드, 헤르만 본디는 우주의 나이가 별들의 나이보다 젊다는 점과 빅뱅 이전의 일을 설명할 수 없다는 점에 대해 문제를 제기하였으며, 빅뱅 이론을 비판하고 정상 상태 우주론을 주장했다.

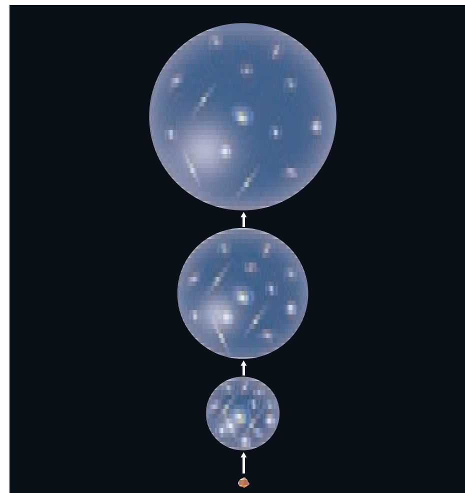
정상 상태 우주론은 우주가 팽창함에 따라 은하 사이의 공간에 새로운 물질이 나타나 우주는 팽창하지만, 밀도는 근본적으로 변하지 않고 영원하다는 것이다.

그러나 정상 상태 우주론에도 풀리지 않는 의문이 존재한다. 첫째, 새로운 물질이 얼마나 생겨나는지에 대해 호일은 10억 년에 1 $m^3$의 공간에 수소 원자 1개 정도가 생성된다고 했지만, 지구에서는 관측이 불가능했다. 둘째, 새로운 별과 은하가 어디에서 발견될지 예측할 수 없어 새로 생성된 물질이 어디에 존재하는지에 대한 의문에 대해 명확히 밝히지 못했다. 셋째, 물질은 어디에서 오는지 규명할 수 없었다.

## 과학 돋보기

### 빅뱅 우주론

허블의 팽창설을 기초로 하여, 우주의 탄생 초기에는 모든 은하들이 한 점에 모여 있었고, 온도와 밀도가 무한대인 상태에서 대폭발이 일어나 팽창하였다는 이론으로서, 르메트르와 가모가 주장하였다.



빅뱅 이론

과거 한 점에 갇혀 있었던 작은 점에서 대폭발이 일어나 우주가 탄생하면서 시간이 시작되고 공간이 탄생하였다. 우주는 탄생 순간부터 지금까지 계속 팽창해 왔으며, 우주 탄생 초기에 생성된 기본 입자들로부터 현재 우주를 이루는 모든 물질들이 만들어졌다. 빅뱅 직후 방출되었던 빛이 우주 공간에 퍼져 있으며, 이 빛이 우주

실제로 외부 은하의 스펙트럼을 관측해 보면 대부분의 은하에서는 적색 편이가 나타난다. 그리고 외부 은하까지의 거리가 멀수록 흡수선의 이동은 더 크게 나타난다. 이것은 대부분의 은하들이 우리은하로부터 멀어져 가고 있으며, 멀리 있는 은하일수록 더 빠른 속도로 멀어져 간다는 것을 의미한다.

그렇다면 왜 외부 은하들은 우리은하로부터 멀어지고 있는 것일까?

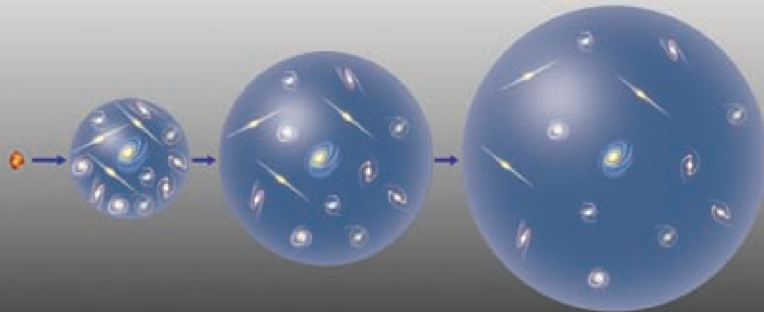
고무풍선에 여러 개의 색종이를 붙인 후 풍선을 불면 풍선이 커짐에 따라 풍선 표면에서 색종이 사이의 거리는 점점 멀어진다. 그리고 어느 하나의 색종이에서 보면 멀리 있는 색종이일수록 더 빠르게 멀어진다.

이와 마찬가지로 은하들 사이의 거리가 점점 멀어지고 있는 것은 우주가 팽창하고 있기 때문이다. 팽창하는 우주에서는 어느 은하에서 보더라도 다른 은하들은 대부분 멀어져 가고, 멀리 있는 은하일수록 더 빨리 멀어져 간다.



그림 Ⅶ-31 풍선을 이용한 팽창 우주 실험

그림 Ⅶ-32 팽창하는 우주의 모습_ 외부 은하의 스펙트럼에 적색 편이가 나타나는 것을 통해 우주가 팽창한다는 것을 알 수 있다.



2. 은하와 우주 337

배경 복사로 검출되면서 빅뱅 우주론(대폭발설)은 우주의 기원과 진화를 설명하는 이론으로 현재 많은 과학자들이 인정하고 있다.

빅뱅 우주론에 따라 우주의 팽창률과 허블 상수를 고려한 우주의 나이는 약 137억 년이다.

(1) **헬륨의 함량** 빅뱅 우주론에 의해 시간에 따른 우주의 온도를 계산하면 오늘날 별들의 관측에서 추정되는 값과 일치한다. 이 사실은 우주 내의 헬륨의 대부분이 우주 초기에 대폭발로 생성되었다는 이론을 뒷받침한다.

(2) **3 K 우주 배경 복사** 우주 공간에는 적은 양이지만 복사 에너지가 채워져 있는데, 이 복사 에너지를 우주 배경 복사라고 한다. 우주 공간에서는 어느 방향에서나 7 cm 파장의 전파가 같은 세기로 검출된다는 사실이 발견되었다. 이 전파들의 분포는 플랑크 곡선의 3 K 흑체 복사와 동일하다. 이것은 우주가 폭발한 후에 우주의 온도가 3,000 K에 이르렀을 때 방출되었던 잔재가 우주의 팽창으로 인해 식은 것으로 보고 있다.

(3) **퀘이사의 발견** 퀘이사는 우리은하계로부터 매우 먼 거리에 있는 은하이다. 그 광도는 우리은하의 약 100배인데, 현재 우리은하계 근처에서는 발견되지 않는다. 따라서 먼 거리에 있는 퀘이사의 빛이 우리에게 도달하는 시간도 우주의 나이와 거의 같으므로 우주가 폭발하였을 시기에 퀘이사가 생성된 것으로 설명된다.




### ❀ 허블 법칙

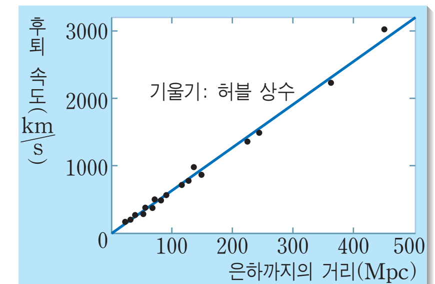
허블은 외부 은하에서 나타나는 적색 편이를 이용하여 외부 은하의 시선 속도를 구한 후, 은하들까지의 거리와 은하들의 시선 속도를 그래프로 나타내었다. 그 결과 은하들의 시선 속도는 은하까지의 거리에 비례함을 알아내었다. 즉, 먼 거리에 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다는 것이다. 이것을 허블 법칙이라고 하며, 허블 법칙은 우주가 팽창하고 있다는 것을 알려 준다. 따라서 허블이 "외계 은하 성운의 시선 속도와 거리 사이의 관계"에서 밝힌 허블 법칙은 당시 르메트르와 프리드만이 제시한 빅뱅 우주론을 증명하는 최초의 확실한 증거였다.

### ❀ 허블 법칙과 우주의 나이

은하의 후퇴 속도를 $V$, 은하까지의 거리를 $r$, 허블 상수를 $H$라고 하면, 허블 법칙은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = Hr$$

여기서 허블 상수의 역수 $\frac{1}{H}$은 은하까지의 거리를 은하의 후퇴 속도로 나눈 값이므로 은하가 우리로부터 멀어져 간 시간이다.




❷ 은하의 거리와 후퇴 속도

우주가 과거에 한 점에서 탄생하여 팽창하였다면 허블 상수는 우주의 시간, 즉 우주의 나이를 뜻한다. 따라서 허블 상수로부터 우주의 나이를 구할 수 있다.

허블 상수는 이론적인 값이 아니므로 관측하는 은하에 따라 다르게 나타난다. 2003년 WMAP 탐사선을 이용한 최근의 계산에 따르면, 허블 상수는 71±4 km/s·Mpc 정도로 측정되었다.

**잠깐 체크**

우주는 과거에 한 점에서 출발하여 현재와 같이 팽창하고 있는 것으로 볼 수 있다. 모든 은하에서 다른 은하들이 멀어져 간다는 사실로부터 팽창하는 우주에 특별한 중심이 없다는 것을 알 수 있다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

중심부에 있는 막대 구조의 유무_ 나선 은하는 중심부에 있는 막대 구조의 유무에 따라 막대 나선 은하와 정상 나선 은하로 구분하며, 우리은하는 중심부에 막대 구조가 있는 나선 은하이다.

▶ **문제 응용하기**

가을철 별자리_ 안드로메다은하는 안드로메다자리에 있다. 안드로메다 별자리는 가을철 페가수스 사각형의 알페라츠에서부터 시작된다. 안드로메다은하는 안드로메다 공주의 오른쪽 무릎에 해당하는 뉴($\nu$) 별 근처에 있는데, 겉보기 밝기가 3.5등급으로서, 맨눈으로도 희뿌연 구름 같이 보인다.

안드로메다은하는 우리은하로부터 약 2백만 광년의 거리에 있으며, 우리은하와 같은 국부 은하군에 속해 있다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

과속 단속 카메라에서 발사된 전파가 달려오는 차량에 부딪혀 반사될 때 생기는 도플러 효과를 이용하여 자동차의 속도를 측정한다._ 이동식 과속 단속 카메라에서는 달려오는 자동차를 향해 전파나 레이저를 발사한다. 전파나 레이저는 자동차에 부딪혀 반사되어 되돌아오는데, 이때 자동차의 속도에 따라 파장이 짧아지는 정도가 달라지므로 이를 이용하여 차량의 속도를 측정하는 것이다.

이동식 과속 단속 카메라는 야구장에서 투수가 던진 공의 속도를 측정하는 '스피드 건' 과 원리가 같다.



❶ 그림 Ⅱ-33 **빅뱅 우주론**_ 우주는 과거에 한 점에서 출발하여 현재와 같이 팽창하고 있다.

모든 은하에서 다른 은하들이 멀어져 간다는 사실은 팽창하는 우주에 특별한 중심이 없다는 것을 의미하기도 한다.

팽창하고 있는 우주에서 시간을 거꾸로 돌리면 우주는 점점 작아져 한 점으로 모이게 될 것이다. 따라서 우주는 과거에 한 점에서 출발하여 현재와 같이 팽창하고 있는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 우주가 한 점에서 대폭발로 탄생한 후 계속 팽창하여 현재의 우주가 만들어졌다고 하는 이론을 **빅뱅 우주론**이라고 한다. 빅뱅 우주론에 의하면 우주의 나이는 약 137억 년이라고 한다.

잠깐 체크 모든 은하에서 다른 은하들이 멀어져 간다는 사실로부터 알 수 있는 것은 무엇인가?

**자기 주도 학습**

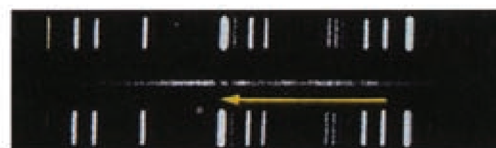
| 개념 확인하기 | 문제 응용하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 외부 은하를 분류할 때 막대 나선 은하와 정상 나선 은하를 구분하는 기준은 무엇인가? | 안드로메다 은하는 어느 계절의 별자리에 속해 있는가? | 이동식 과속 단속 카메라는 어떤 원리로 자동차의 속도를 측정하는지 조사해 보자. |

338 Ⅱ. 외권과 우주 개발

**과학 돋보기**

## ❀ 외부 은하들의 스펙트럼

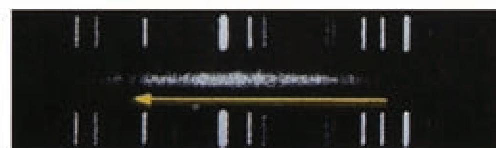
외부 은하에서 오는 별빛의 스펙트럼을 관찰해 보면 거리가 먼 은하일수록 적색 편이가 크게 나타난다. 적색 편이가 크게 나타난다는 것은 관측자로부터 멀어지는 후퇴 속도가 크다는 것을 의미한다.



39300 km/s



목동자리



61200 km/s



히드라자리

❷ 외부 은하들의 스펙트럼

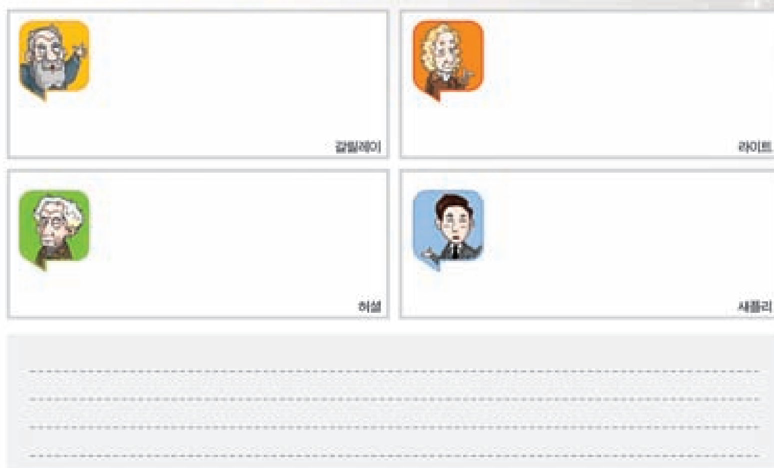
보충·심화

# 우리은하에 대한 생각의 변화

다음은 우리은하의 모습에 대한 과학자들의 견해를 시대별로 나타낸 것이다.




:: 네 명의 과학자들이 생각한 은하의 모습을 그려 보고, 각각을 비교하여 서술해 보자.



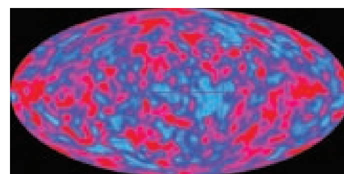

2. 은하와 우주 339

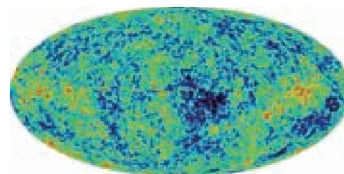
### 참고 자료 우주 배경 복사

광학 망원경으로 보았을 때 우주는 빈 어둠이었지만, 전파 망원경의 발명으로 배경 복사가 우주의 모든 방향으로부터 균일하게 나오고 있음이 발견되었다. 이것은 초기 우주의 뜨거운 고밀도 상태에서 나온 빛이 현재 관측되는 것으로 설명되고 있다. 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론에서 제시하는 현재까지 남아 있는 빅뱅의 흔적이다.

대폭발 직후 우주로 방출된 빛은 점차 식어 현재는 2.7 K의 전자기파로 우주를 채우고 있다. 이 전자기파는 1965년 미국의 펜지어스와 윌슨에 의해 처음으로 관측되었다.

NASA에서는 우주 배경 복사를 좀 더 자세히 관측하기 위하여 1989년에 COBE 위성을 쏘아 올렸다. COBE 위성은 하늘의 모든 방향에서 2.7 K의 우주 배경 복사를 관측하였으며, 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이를 발견하였다. 그리고 여기서 발견한 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이를 측정하기 위해 2001년에 WMAP 위성이 다시 발사되었다. WMAP 위성이 관측한 우주 배경 복사의 모습은 COBE 위성에서 관측한 것보다 훨씬 더 상세하였다. 그 결과 우주 배경 복사의 비등방성이 분명하게 관측되었고, 이러한 관측은 초기 우주에서 은하들이 어떻게 만들어질 수 있었는지를 알려 주었다.


▲ COBE 위성이 관측한 우주 배경 복사


▲ WMAP 위성이 관측한 우주 배경 복사

### 은하에 대한 생각의 변화

(1) **갈릴레이(1564～1642)** 코페르니쿠스의 태양 중심설을 믿고 망원경을 이용하여 천체를 관측하였다. 그는 은하수가 많은 별들로 이루어져 있음을 밝혀냈으며, 달 표면의 분화구를 관측하고, 목성의 위성, 금성의 위성, 토성의 띠, 태양의 흑점 등을 관측하여 천동설이 틀렸음을 발표하였다. 이 발표 때문에 그는 종교 재판에 회부되었다.

(2) **라이트(1711～1786)** 1750년에 우주가 두 개의 동심 구 사이에 있는 얇은 구각(球角)으로 이루어져 있으며, 별이 이 공간을 채우고 있다고 주장하였다. 그는 보는 방향에 따라 보이는 별의 개수가 다르기 때문에 은하수의 모습이 현재와 같은 모습으로 보인다고 하였다.

(3) **허셜(1738～1822)** 성운들이 별로 이루어져 있다고 하였으며, 넓게 흩어져 있는 별무리는 시간이 지남에 따라 별들 사이의 인력 때문에 점점 밀집된 무리가 된다는 항성 진화론을 발전시켰다.

(4) **섀플리(1885～1972)** 구상 성단에 대한 연구를 통해 구상 성단들이 궁수자리를 중심으로 하여 구에 가까운 형태로 분포하고 있다는 것을 발견했다. 그는 구상 성단들이 우리은하의 중심부를 형성한다고 하였으며, 태양은 우리은하의 중심에서 약 3만 광년 떨어진 곳에 있다는 것도 계산하였다.

# 2-3 우주 개발

### | 학습 내용 안내 |

(1) 우주 개발의 목적을 안다.
(2) 우주 탐사의 역사를 안다.
(3) 인공위성의 개발과 이용이 우리 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.
(4) 우주 개발과 관련된 직업의 종류와 하는 일을 안다.

### | 학습 전개 |

우주 개발의 목적을 알고, 우주 탐사는 달과 태양계, 우리은하 밖의 우주로 점차 확대되어 진행되어 왔음을 알도록 한다.



현재 우리나라의 우주 개발 수준을 이해하고, 나로호 발사와 한국형 발사체의 개발이 가지는 의미를 생각해 보게 한다.



인공위성이 우리 생활에 어떠한 영향을 미치는지 알도록 한다.



우주 개발과 관련된 산업은 첨단 과학이 종합된 분야로서, 파급 효과가 큼을 알도록 한다.



우주 개발과 관련된 직업에 대하여 설명할 수 있도록 한다.

Ⅱ 외권과 우주 개발

## 2-3 우주 개발



학습 목표
- 우주 개발의 목적과 우주 탐사의 역사를 알 수 있다.
- 우주 개발과 관련된 직업 세계를 설명할 수 있다.
- 인공위성의 개발과 이용이 우리 생활에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

인류의 역사는 미지의 세계에 대한 도전의 역사이기도 하다. 인류가 탄생한 이후 인간의 활동 공간은 점점 넓어져 왔다. 인간의 활동 공간이 지구를 벗어나 우주 공간까지 확장된 것도 벌써 오래전의 일이다. 과연 우리 인간은 어디까지 갈 수 있을까?

인류가 지구에 나타난 이후 우주 공간은 언제나 동경의 대상이었다. 미지의 세계에 대한 인류의 호기심은 자연스럽게 인류를 우주 탐사의 길로 이끌었다. 1957년 최초의 인공위성인 스푸트니크 1호가 성공적으로 발사된 이후, 인류의 우주 개발 기술은 급속도로 발전하여 오늘날에는 우주 정거장을 건설하기에 이르렀다. 그러면 지금까지 인류의 우주 탐사는 어떻게 진행되어 왔으며, 그 과정에서 얻은 것들은 무엇인지 알아보자.

그림 Ⅱ-34 우주 탐사 및 개발



340 Ⅱ. 외권과 우주 개발

### 참고 자료 우주 개발의 시초



액체 로켓을 개발한 고더드

인류의 우주에 대한 관심은 아주 오래전부터 시작되었지만, 직접 우주를 개발한 것은 20세기에 들어와서이다.

물체가 우주 공간을 날기 위해서는 진공 중에서도 추진력을 낼 수 있는 비행체가 필요하다. 우주를 날 수 있는 로켓에 대한 연구는 1898년 러시아의 수학자 티올크프스키가 “로켓을 이용한 우주 공간 개발”이라는 논문에서 로켓의 비행 원리와 비행법에 대해 밝힘으로써 시작되었다. 이 논문을 바탕으로 1926년에 미국의 고더드는 세계 최초로 액체 로켓을 제작하여 시험 비행을 하였고, 같은 시기에 독일에서는 폰 브라운 등이 로켓을 실험하여 V2라는 로켓 개발에 성공하였다. 이 V2 로켓은 제2차 세계 대전 말기에 독일이 프랑스 해안에서 수백 km 떨어진 영국의 런던 등을 공격하는 데 사용되기도 하였다. 이러한 독일의 로켓 기술은 제2차 세계 대전 후 미국과 러시아로 이주한 독일 기술자들에 의해 미국과 러시아의 로켓 개발에 기여하였다.

찾아보기
- NASA 우주 개발의 비밀(2003), 토머스 D. 존스 저, 채연석 역, 아라크네
- 체험 우주 정거장(미래의 우주 과학자들이 반드시 읽어야 할 책)(2007), 메리앤 디슨 저, 하정임 역, 다른

### 우주 개발의 목적

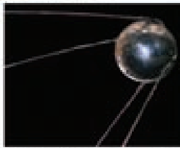
우주에 대한 인간의 호기심과 도전 정신에서 비롯된 우주 개발은 인공위성 개발 이후 점차 다양한 목적을 가지게 되었다.

미국과 러시아(구 소련)가 주도한 초기의 우주 개발은 과학적인 목적 이외에도 자국의 우주 과학 기술 수준을 국제적으로 선전하고자 하는 것과 국가 방위라는 목적을 함께 가지고 있었다.

그러나 오늘날 우주에 대한 탐사는 태양계와 우주에 대한 이해를 통해 우리가 살고 있는 행성인 지구를 더 깊이 이해할 수 있도록 해 주며, 우주 탐사 과정에서 얻은 첨단 기술은 우리의 생활수준을 향상시키는 데 기여하고 있다. 또한 오늘날의 우주 탐사 기술은 한 나라의 국력을 상징하기도 한다.

앞으로의 우주 개발은 우주 산업을 통한 경제적인 이익 창출과 지구에 부족한 자원의 획득이나 새로운 소재의 개발에 활용될 것이다.

자료 스푸트니크 1호



1957년 발사된 스푸트니크 1호는 지름 58 cm, 무게 83.6 kg의 지구 관측용 위성이다. R-7 로켓에 실려서 발사된 스푸트니크1호는 지구 상공을 96분마다 한 바퀴씩 돌았다.

잠깐 체크 최초의 인공위성은 무엇인가?



그림 Ⅶ-35 일반인의 우주여행_ 인간의 생활 공간이 우주로 확대되고, 일반인들의 우주여행도 간편해질 것이다.

그림 Ⅶ-36 첨단 기술의 발전_ 우주 산업은 인공위성, 우주선 등 우주 비행체와 발사체, 지상 지원 장비를 포함하는 종합 기술 산업이다.

2. 은하와 우주 341

## 보충 학습 미국 항공 우주국의 설립



미국 항공 우주국(NASA)

1957년 10월 4일, 러시아(구 소련)가 인공위성 스푸트니크 1호를 발사하자 미국은 충격에 빠졌다. 러시아는 스푸트니크 1호 발사에 이어 한 달 후에 '라이카'라는 개를 스푸트니크 2호에 태워 생명체의 우주선 탑승 가능성을 시험하였다. 이에 미국은 우주 개발에 대한 투자를 대대적으로 확대하기로 하고 그때까지 독자적으로 연구하던 여러 우주 개발 기관들을 하나로 합쳐 1958년에 미국 항공 우주국(NASA)을 설립하였다. 미국 항공 우주국의 산하 시설에는 케네디 우주 센터, 고더드 우주 비행 센터, 제트 추진 연구소, 존슨 우주 센터, 랭글리 연구 센터, 마셜 우주 비행 센터 등이 있으며, 정부의 전폭적인 지지 속에서 미국의 우주 개발을 선도하면서 우주 계획 및 장기적인 일반 항공 연구 등의 다양한 성과를 내고 있다.

### 잠깐 체크

스푸트니크 1호

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 우주 개발의 목적과 장점 이외에도 우주 개발의 영향과 문제점도 함께 알도록 지도한다.

2 우주 탐사와 관련된 최신 자료나 정보를 활용하여 지도하도록 한다.





### ❀ 우주 개발의 목적

초기의 우주 개발은 자국의 과학 기술 수준을 국제적으로 선전하여 국가적인 명성을 얻고, 국민들에게 과학 기술에 대한 자부심을 고취시키고자 하는 군사 정치적인 목적이 강했다. 그러나 시간이 지나면서 우주 개발의 목적은 달에 대한 정보의 획득, 태양계와 행성에 대한 정보의 획득, 우주 기술의 개발, 태양계 밖의 우주에 대한 정보 획득 등 점차 구체적인 목적을 가지게 되었다. 최근에는 소행성 탐사, 혜성 탐사, 화성의 표면 탐사 등 특별한 연구 목적을 가진 탐사선들이 개발되고 있으며, 우주 개발과 관련된 우주 산업이 발전하고 있다.

### ❀ 우주 산업

우주 산업은 우주 개발에 필요한 여러 가지 기기를 만드는 산업뿐만 아니라 위성을 활용한 서비스 산업과 같이 우주 개발을 통해 창출되는 재화와 서비스 산업 분야도 포함한다. 우주선이나 인공위성 등 우주 개발에 필요한 기기 및 설비 등을 제조하는 우주 기기 제작 산업과 위성 통신이나 위성 방송 및 GPS 등 우주 개발을 통해 창출되는 우주 서비스 산업은 직접 우주 산업에 속하며, 기존 산업 중 산업의 원천적인 기술이나 서비스를 바탕으로 우주 기술과 접목시켜 산업의 부가 가치를 높이는 분야는 간접 우주 산업에 포함된다. 따라서 우주 산업은 '우주 개발을 위한 산업 및 우주 개발을 통해 창출되는 재화와 서비스'로 정의된다.



### 학습 자료실

#### ❀ 미국의 유인 달 탐사 과정

(1) **머큐리 프로젝트** NASA의 첫 번째 유인 우주 임무로서, 지구 저궤도에 유인 우주선이 진입한 후 우주 환경에서 유인 임무 수행을 목표로 하였다. 1961년 4월, 소련의 유리 가가린이 보스토크 1호를 타고 인류 최초로 유인 우주 비행에 성공하자 미국의 케네디 대통령은 "10년 안에 인간을 달에 착륙시켰다가 무사히 지구로 귀환시키겠다."고 선언하였다. 그 후 미국은 1961년에서 1962년 사이에 머큐리 3호, 4호, 6호, 7호, 8호가 유인 우주 비행에 성공하였고, 1963년 5월에는 머큐리 9호가 장시간의 유인 우주 비행에 성공하였다.

머큐리 프로젝트의 총 비행 시간은 대략 2일 6시간에 불과했지만, 우주선의 설계와 무중력에서 인간이 적응하는 법을 배우는 데 크게 기여하였다.

(2) **제미니 프로젝트** 머큐리 프로젝트가 완료되자 제미니 프로젝트가 가동되었다. 제미니 프로젝트는 장기간의 아폴로 비행을 위해 요구되는 랑데부와 도킹 기술을 테스트하는 것이었다. 제미니를 12호까지 발사시켜 유인 비행의 경험을 쌓았다.

(3) **서베이어 프로젝트** 달 표면에 무인 탐사기를 보내 달 표면의 사진을 촬영하여 달의 지질을 조사하는 계획으로서, 아폴로 프로젝트의 준비를 위해 계획되었다. 1966년 6월 2일에 1호를 발사하여 달 표면의 사진을 촬영하여 전송하였고, 7호의 발사를 끝으로 프로젝트를 완료하였다.

(4) **아폴로 프로젝트** 미국은 1968년 12월에 아폴로 8호를 달 궤도에 진입시키는 데 성공하였고, 1969년 7월 20일에 아폴로 11호를 달에 착륙시킴으로써 인류 최초의 달 착륙이라는 역사를 이룩하였다.

아폴로 프로젝트에서 11차례의 유인 비행이 있었고, 전체 우주 비행사 중 24명이 달 궤도를 돌았으며, 그중 12명이 달 표면을 밟았다.

**미국의 우주 개발**
러시아의 스푸트니크 1호 성공에 자극받은 미국에서는 1958년 미국 항공 우주국(NASA)을 설립하고 우주 개발에 박차를 가하였다. 그 결과 1969년 러시아보다 먼저 유인 달 착륙에 성공하였다.

**우주 탐사의 역사**

우주 탐사 초기에는 미국과 러시아가 주도하였는데, 1960년대에는 달에 대한 탐사, 1970년대에는 태양계에 대한 탐사가 주를 이루었다. 1980년대에는 우주 왕복선과 우주 정거장을 이용한 우주 개발이 활발하였으며, 1990년대 후반부터는 행성 표면의 탐사에 탐사 로봇을 이용하기 시작하였다. 최근에는 우주 탐사가 더욱 다양한 영역에서 이루어지고 있다.

**달에 대한 탐사** 초기의 우주 탐사는 주로 달에 대한 탐사를 중심으로 이루어졌다. 1959년부터 1960년대 중반까지는 달 탐사선이 달의 궤도를 돌면서 탐사를 수행하거나 달의 표면 사진을 찍어 지구로 전송하였으며, 장시간의 유인 우주 비행이나 도킹과 같은 유인 달 착륙에 필요한 우주 탐사 기술이 개발되었다. 1969년 아폴로 11호의 달 착륙을 시작으로 1960년대 후반부터 1970년대 중반까지는 탐사선이 달 표면에 연착륙을 하는 시기였다. 미국에서는 수차례에 걸쳐 유인 달 탐사선을 보내 각종 관측 장비를 설치하고 표본을 채취하였으며, 러시아에서도 수차례에 걸쳐 무인 탐사선을 달 표면에 착륙시켜 표본을 채취하였다. 이와 같은 탐사를 통해 달의 내부 구조와 나이, 구성 암석 등을 알아내었다.

**더 자세히**
**아폴로 계획**
미국은 아폴로 계획으로 6차례에 걸쳐 인간을 달에 보냈으며, 이때 설치한 월진계를 이용하여 달의 내부 구조를 조사하였다. 또 레이저 광선 반사기를 설치하여 지구와 달 사이의 거리를 정확하게 측정할 수 있었다.





그림 11-37 아폴로 11호의 달 착륙_ 최초로 달에 착륙한 닐 암스트롱은 달에 첫 발을 내딛으며 "한 인간에게는 작은 한 걸음이지만 인류에게는 위대한 도약"이라는 말을 남겼다.

그림 11-38 달에서 가져온 월석_ 미국은 아폴로 계획으로 총 385 kg의 월석을 채취하여 지구로 가져왔다.

342 Ⅲ. 외권과 우주 개발

### 심화 학습 | 아폴로호의 달 탐사



새턴 V 로켓

아폴로호는 새턴 V 로켓을 이용하였으며, 사령선, 기계선, 달 착륙선으로 이루어진 세 개의 우주선에 의해 달의 탐사를 수행했다. 이 세 우주선은 우주에 진입한 후에 달로 향한다. 달 착륙선은 달 표면에 착륙하여 임무를 수행하고, 사령선과 기계선은 서로 붙어서 달 주위를 돌다가 달 착륙선이 임무를 마치고 달에서 이륙하면 달 착륙선과 도킹하여 다시 지구로 돌아온다. 그리고 마지막으로 지구 대기에 도달하면 사령선만 지구로 돌아옴으로써 임무가 완료된다. 아폴로 9호는 완전한 달 착륙 장비를 갖추고 달 착륙을 위한 기술적 상황을 점검하고 귀환하였으며, 최종 시험은 1969년 5월에 발사된 아폴로 10호에 의해 수행되었다. 아폴로 11호 이후 1971년 1월에는 아폴로 14호가, 7월에는 아폴로 15호가 발사되었으며, 아폴로 16호는 1972년 4월에 발사되었고, 마지막 달 착륙 임무는 1972년 12월 아폴로 17호에 의해 수행되었다. 아폴로 프로젝트를 수행하면서 NASA 예산의 34 %인 약 194억 달러가 소요되었다.

**태양계 탐사** 1970년대에는 우주 탐사가 태양계 행성 탐사 위주로 진행되었다. 달에 대한 탐사 과정에서 얻은 우주 탐사 기술은 행성 탐사의 기초가 되었다. 1960년대 중반부터 시작된 태양계 탐사는 처음에는 지구에서 가까운 금성과 화성에 대한 탐사가 중심이 되었다. 이 시기의 수성, 금성, 화성 탐사에는 베네라, 매리너, 바이킹 등의 탐사선이 이용되었다. 이 탐사선들은 금성이나 화성의 대기 성분을 조사하였고, 행성 표면의 근접 사진 촬영이나 자기장 관측을 수행하였다.

한편, 목성이나 토성, 천왕성, 해왕성의 탐사에는 파이오니아, 보이저 등의 탐사선을 이용하였다. 특히 보이저는 목성의 구름 형태와 목성의 위성인 이오의 화산 활동을 근접 촬영하였으며, 토성의 새로운 고리, 천왕성의 위성과 자기장, 해왕성의 고리와 위성 및 자기장을 알아내었다.

1980년대 이후의 태양계 행성에 대한 탐사는 파이오니아, 갈릴레오, 카시니-하위헌스 등의 탐사선에 의해 이루어졌으며, 1990년대 후반부터는 행성에 탐사선을 착륙시켜 탐사 로봇이 행성 표면을 탐사하기 시작하였다. 1997년에는 미국의 패스파인더호가 화성에 착륙하여 탐사 로봇 소저너를 내려놓았고, 2004년에는 쌍둥이 탐사 로봇인 스피릿과 오퍼튜니티가 각각 화성의 반대쪽에 착륙하여 탐사를 시작하였다.

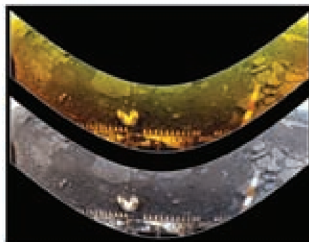
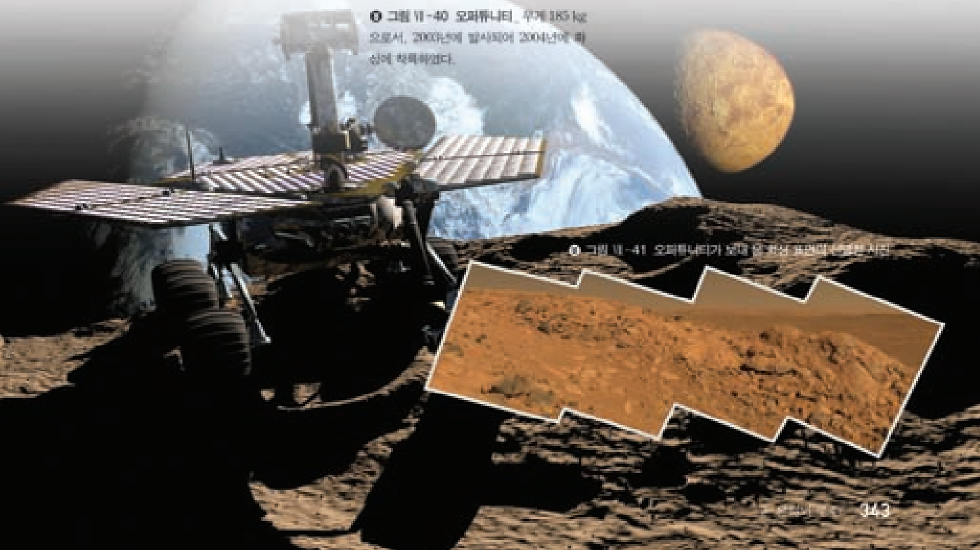


그림 Ⅱ-39 베네라 13호가 찍은 금성의 표면_ 1982년 금성에 착륙한 베네라 13호는 가혹한 환경 속에서 2시간 7분 동안 작동하였으며, 컬러로 된 사진을 전송하였다.

**1970년대의 태양계 탐사**
1970년대에는 미국과 구 소련의 경쟁으로 무려 45개의 행성 탐사선이 발사되었으며, 장거리 행성 탐사를 위해 여러 행성의 인력을 이용하여 항로를 변경하는 기술이 개발되었다.

**로봇 탐사**
로봇 탐사의 시초는 달에서 활동한 월면차이다. 전자 공학과 통신 기술의 발달은 우주 개발 분야에도 많은 발전을 가져왔다.

그림 Ⅱ-40 오퍼튜니티_ 무게 185 kg으로서, 2003년에 발사되어 2004년에 화성에 착륙하였다.



343

## 과학 돋보기

### ❀ 태양계 탐사의 역사

태양계 탐사는 주로 미국 항공 우주국(NASA)에 의해서 수행되었다.

(1) **파이오니아 프로젝트** 관측을 목적으로 1958년부터 1978년까지 모두 13개의 우주 탐사선이 발사되어 태양, 금성, 목성, 토성에 대한 수많은 탐사 업적을 이루었다.

(2) **매리너 프로젝트** 1962년에 시작되어 1973년까지 10기의 우주선을 발사하였고, 수성, 금성, 화성에 대한 많은 정보를 획득하였다.

(3) **바이킹 프로젝트** 1975년에 발사된 무인 탐사선 바이킹 1호와 2호는 화성에 직접 착륙해 화성의 흙, 기후 조건, 주위 환경을 조사하고, 화성의 생물 검출과 물리적 조사를 하였다.

(4) **보이저 프로젝트** 1977년에 보이저 1호와 2호가 목성과 토성 탐사를 위해 발사되었다. 보이저호는 목성과 토성의 가스층과 토성의 고리, 위성들에 대한 수천 장의 상세한 사진을 전송하였다. 보이저호는 원래 목성과 토성의 탐사를 목표로 하였으나, 다른 행성과 위성 탐사로 임무를 확대하여 큰 성과를 얻었다. 2012년 5월 현재, 보이저 1호는 지구로부터 약 120 AU 떨어진 거리에 있으며, 태양계의 가장자리 부근에서 천천히 멀어져 가고 있다.

## 학습 자료실

### ❀ 태양계의 비밀을 밝힐 혜성 탐사선

(1) **딥 임팩트** '템펠1' 혜성과 충돌한 뒤 혜성의 겉모습과 내부 구조를 알아내기 위해 2005년에 발사되었다.

태양계 생성 이후 태양은 활발한 핵융합 반응 등에 의해 변질되었고, 지구와 같은 행성들은 복잡한 기상 현상과 풍화 작용 등에 의해 많은 변질을 겪은 반면, 혜성은 아직도 생성 초기의 조건을 간직하고 있는 것으로 추정된다. 따라서 과학자들은 혜성을 분석하면 태양계의 생성 비밀을 밝히는 실마리를 찾을 수 있을 것으로 기대하고 있다.



딥 임팩트

(2) **로제타** 유럽 항공 우주국(ESA)은 2004년 '추루모프-게라시멘코' 혜성을 목표로 로제타를 발사했다.

지하 20 cm까지 뚫을 수 있는 드릴을 장착한 100 kg짜리 착륙선 파일래는 혜성에 안착한 뒤 혜성이 태양에 접근했을 때 각종 광물들을 수집하고, 혜성에 있는 휘발성 · 내화 물질의 특성과 관계 분석 등 우주 신비를 풀기 위한 임무를 띠고 발사되었다.



로제타

학습 자료실

❀ **국제 우주 정거장(ISS)**

우주 정거장은 고정된 궤도를 선회하면서 과학 관측 실험, 우주선 연료 보급, 위성이나 미사일의 발사 기지를 목적으로 설계된 유인 인공위성이다. 국제 우주 정거장은 미국, 러시아, 유럽, 캐나다, 일본 등 세계 16개국이 공동으로 건설하였다. 미세 중력 실험과 우주 기술 시험 등을 수행하기 위하여 고도 350 km에 설치한 대형 인공 구조물로서, 하루에 지구를 약 16회 공전한다.

1998년 10월, 러시아가 발사한 자리야 모듈에 세계 각국에서 보낸 모듈들이 우주 공간에서 조립되면서 규모가 점차 커졌다. ISS는 총 건설 비용이 400억 달러 이상이며, 무게는 454 t이고, 6개의 거대한 실험실을 갖추고 있다. 또한 7~10명의 우주인이 장기적으로 체류할 수 있다.

(1) **살류트** 최초의 우주 정거장은 1971년에 러시아에서 발사된 살류트이다. 살류트는 1971년 1호부터 1982년 7호까지 발사되었으며, 러시아 우주 비행사들이 우주 공간에 오랫동안 머무는 경험을 하였다.



▲ 살류트 7호

(2) **스카이랩** 1973년에 미국에서 발사한 스카이랩은 미국 최초의 우주 정거장으로서, 새턴 V 로켓을 우주 정거장으로 개조했다. 이곳에서 3명의 우주인이 약 172일 동안 과학 실험을 수행하였다.

(3) **미르** 1986년 2월에 발사된 러시아의 미르는 2001년 3월 임무 종료 시까지 12개국의 우주인 104명이 이곳에서 16,500여 건의 과학 실험을 수행하였다.

**우주 정거장과 우주 왕복선** 1980년대에는 우주 왕복선과 우주 정거장이 만들어졌다. 우주 정거장은 1971년에 처음으로 발사되어 우주선과의 도킹이 성공적으로 이루어졌으나, 지구로 귀환하던 승무원들이 사망하면서 우주 정거장 개발은 한동안 중단되었다. 그 후 1986년에 발사된 러시아의 우주 정거장 미르는 2001년까지 우주에 머물면서 많은 연구를 수행하였다.

1981년에는 미국의 우주 왕복선 컬럼비아호가 성공적으로 발사되면서 우주 왕복선 시대를 열었다. 그러나 1986년에는 우주 왕복선 챌린저호가 발사 후 73초 만에 폭발하면서 승무원 전원이 사망하는 사고가 발생하였다. 이와 같은 우주 사고는 우주 개발에 많은 비용과 위험이 뒤따른다는 교훈을 주었다. 그 결과 우주 개발에서 국가 간의 협력이 활발하게 이루어지기 시작하였다. 1998년부터 시작된 국제 우주 정거장의 건설에는 미국, 러시아, 캐나다, 일본 등 세계 16개국이 공동으로 참여하고 있다.

용어 **국제 우주 정거장(ISS)** 미국과 러시아를 비롯한 16개국이 참여하여 1998년부터 건설 중인 우주 정거장으로서, 현재도 계속 모듈을 추가하고 있다. 완성될 경우 총 무게 460 t, 길이 108 m, 폭 74 m에 이르게 된다.

**우주 망원경** 1990년에 발사된 허블 우주 망원경은 지상 망원경으로는 얻을 수 없었던 선명한 영상을 제공하여 태양계 밖의 우주 탐사에 커다란 역할을 하였다. 1989년에 발사된 코비(COBE)와 2001년에 발사된 더블유맵(WMAP) 탐사선은 우주 배경 복사를 관측하여 우주의 기원을 밝히는 데 중요한 역할을 하였다. 우주 망원경은 1970년에 X선 망원경이 발사된 이후 지금까지 100여 종이 활동하고 있다. 이들은 가시광선을 비롯한 적외선, 자외선, X선 등 다양한 파장 영역에서 우주를 관측하고 있다.

더 자세히 **우주 배경 복사** 우주의 폭발 후 우주의 온도가 약 3,000 K이었을 때 방출되었던 복사가 우주의 팽창으로 식어서 현재와 같이 약 2.7 K의 복사로 관측되는 것을 우주 배경 복사라고 한다.

▲ 그림 Ⅱ-42 허블 우주 망원경

344 Ⅱ. 외권과 우주 개발

과학 돋보기

❀ **우주 망원경**

우주 망원경은 지구 대기권 바깥의 우주 공간에서 관측을 수행하는 망원경들로서, 대기 밖에서 관측하기 때문에 선명한 화질을 얻을 수 있고, 지구 대기에 의한 관측 파장의 제한을 받지 않는다는 장점이 있다. 그러나 발사 후에는 정비와 업그레이드가 어려우므로 지상 망원경보다 가동 기간이 짧다는 단점이 있다.

(1) **허블 우주 망원경** 1990년에 NASA가 발사하였으며, 지구 상공 610 km 궤도에서 관측하고 있다. 구경이 2.4 m이며, 가시광선, 자외선, 근적외선을 관측한다.

(2) **찬드라 X선 망원경** 1990년에 NASA가 발사한 망원경으로서, 구경은 1.2 m이며, X선 영역을 관측한다.

(3) **스피처 우주 망원경** 2003년에 NASA가 발사한 구경 85 cm의 적외선 망원경으로서, 지구를 따라 태양 주위를 공전한다.

(4) **갈렉스 우주 망원경** 2003년에 NASA가 발사한 자외선 우주 망원경이다.

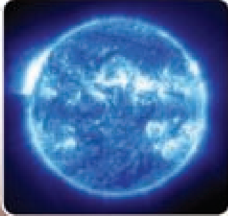
(5) **케플러 우주 망원경** 2009년에 NASA가 발사한 망원경으로서, 외부 행성을 추적하며 지구와 비슷한 행성을 찾는 임무를 맡았다.

**최근의 우주 탐사** 최근에는 우주 탐사가 다양한 영역에서 이루어지고 있다. 1995년에 발사된 태양 탐사 위성 소호(SOHO)는 태양 주위를 공전하면서 태양과 관련된 여러 가지 관측을 수행하고 있다. 2005년에 발사된 혜성 탐사선 딥 임팩트는 템펠1 혜성에 충돌체를 충돌시켜 혜성의 구성 물질에 대한 정보를 성공적으로 획득하였으며, 2007년에 발사된 소행성 탐사선 도온(Dawn)은 베스타에 대한 탐사를 수행하고 있다. 이 탐사선은 2015년에는 또 다른 소행성 세레스로 이동하여 탐사를 계속할 예정이다. 2011년에 발사된 화성 탐사 로봇 큐리오시티는 2012년에 화성에 착륙한 후 생명체의 존재 여부를 파악하며, 암석 성분 및 기후에 대한 정보를 수집하고 있다.

한편, 태양계 밖의 우주 탐사에는 우주 망원경들을 활용하고 있다. 그동안 많은 우주 망원경이 지구 밖으로 발사되었는데, 이들은 우주에 대한 새로운 관측 정보를 알려주고 있다. 최근 케플러 우주 망원경은 외계에서 별 주위를 도는 행성들을 찾아내는 데 큰 역할을 하고 있다.

앞으로 우주 개발이 진행될수록 우주 정거장의 활용도는 점점 높아질 것이다. 미래의 우주 개발에 적합한 우주 정거장은 어떤 모습일까?


그림 Ⅶ-43 딥 임팩트호가 혜성에 접근하는 모습 상상도


그림 Ⅶ-44 소호 위성이 촬영한 태양 모습

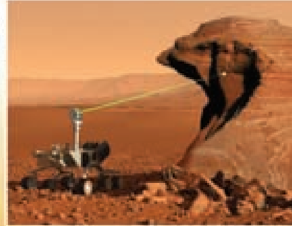

그림 Ⅶ-45 큐리오시티_ 미국의 네 번째 화성 탐사 로봇으로, 무게는 약 900 kg이다. 기존의 화성 탐사 로봇보다 훨씬 커서 움직이는 '화성 과학 실험실'로 불리며, 핵연료를 동력으로 사용한다.


그림 Ⅶ-46 소행성 탐사선 도온

그림 Ⅶ-47 소호 위성



### ❀ 화성 탐사 로봇

(1) **소저너 로버(1996. 12.~1997. 9.)** 미국의 첫 번째 화성 탐사 로봇으로서, 마스 패스파인더에 의해 화성에 착륙하였다. 소저너는 1주일의 활동 기간을 예상하였으나 6주 이상 활동하였으며, 소저너가 탐사 활동을 하는 동안 패스파인더는 초미니 기지 겸 지상 관측소 역할을 하였다.

(2) **스피릿 로버(2003. 6.~2011. 5.)** 화성에 두 번째로 착륙한 로봇으로서, 2004년 1월부터 탐사 활동을 하였다. 2009년 5월, 로봇이 부드러운 흙으로 된 구덩이에 빠진 이후 정지 연구로 전환해 오다가 2011년에 교신 중단을 선언하였다.

(3) **오퍼튜니티 로버(2003. 7.~현재)** 스피릿과 쌍둥이 로봇으로서, 스피릿과 정 반대편에 착륙하여 화성의 토양이나 암석 샘플을 조사하였다. 원래는 90화성일 동안 탐사 예정이었으나 현재까지도 활동을 계속하고 있다.

(4) **큐리오시티 로버(2011. 11.~현재)** NASA의 네 번째 화성 탐사 로봇으로서, 화성 과학 실험실(MSL)로 불린다. 핵에너지를 동력으로 사용하며, 약 2년 동안 화성 적도 아래 분화구인 게일 크레이터에 착륙해 화성의 생명체 존재 여부, 기후, 자원 등의 조사를 목적으로 2011년 11월 26일에 발사되었다.

## 학습 자료실

### ❀ 소행성 탐사

NASA에서는 소행성 중 크기가 큰 세레스와 베스타를 탐사하기 위하여 2007년에 탐사선 Dawn을 발사하였다. Dawn은 NASA의 디스커버리 프로그램 임무의 하나인 소행성을 탐사하여 행성의 형성 과정을 밝히는 데 기여하고 있다. Dawn은 이미 2011년에 베스타에 접근하여 베스타의 표면 사진을 보내왔으며, 베스타에 대한 탐사가 완료되면 2015년에는 왜소 행성 세레스를 탐사할 계획이다. Dawn의 특징은 우주선의 추진에 제논 이온 추진 엔진을 이용한다는 점이다. 이온 추진 엔진은 여러 나라에서 미래의 우주선 추진 기술로 연구되고 있는데, 이온 추진 엔진에서 분출되는 이온 흐름의 속도는 화학 추력기에서 분출되는 연소 가스 속도의 약 10배 이상이기 때문에 로켓의 무게를 감소시키는 효과가 있다.

### ❀ ALMA 전파 망원경

ALMA 전파 망원경은 천체를 관측하기에 알맞은 장소인 칠레 남부 아타카마 사막의 해발 고도가 5000 m인 차이난토르 고원에 위치해 있다.

ALMA 전파 망원경은 지름이 12 m인 안테나 66개로 구성되어 있어서 가시광선의 파장보다 1천 배나 긴 파장의 빛을 포착할 수 있고, 우주에서 가장 멀고 가장 온도가 낮은 영역까지 관측할 수 있다.

ALMA 전파 망원경은 행성을 생성하는 재료가 되는 은하계 가스와 우주 먼지도 볼 수 있어서 행성이 탄생하는 과정을 관찰할 수 있으므로, 별과 은하의 기원을 해명하는 데 큰 역할을 할 것이다.


ALMA 전파 망원경

## 탐구 활동 조사 / 탐구

**| 목표 |**

우주 정거장에 대해 이해하고, 미래의 우주 정거장을 설계할 수 있다.

**| 유의점 |**

1 가급적 우주 공간의 특수성을 고려할 수 있도록 한다.

2 현재의 우주 정거장에 구애받지 않고 창의적으로 설계해 보도록 한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 사전에 인터넷을 이용해 현재의 우주 정거장의 구성과 우주 정거장에서 하는 일을 조사해 보도록 한다.

2 우주 정거장 설계 시 가능한 한 구체적이고 세밀하게 구상해 보도록 하고, 이를 표현하도록 유도하는 과정에서 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

**| 결과 | 창의 · 인성**

1 가능한 한 학생들의 다양한 사고를 지지해 주도록 한다.

2 화재 경보기, 주택 단열재, 위성 방송, 정수기, 선글라스, 피부 확대 사진, 여성 속옷 등에 이용되고 있다.

**| 평가 기준표 |**

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 실험 조작 (인성) | 사전 또는 주어진 시간에 우주 정거장에 대한 조사를 성실하게 수행하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 우주 정거장 설계 활동에 적극적으로 참여하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 실험 결과 해석 (창의) | 결과 1에 대한 응답을 충분히 다양하게 표현하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 결과 2의 활동 결과는 구체적이고 적극적인가? | ☐ | ☐ | ☐ |

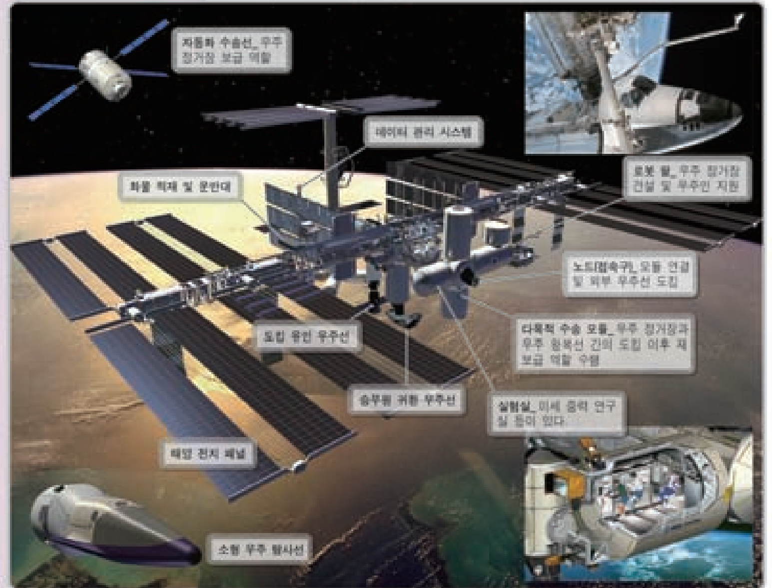
**탐구 활동** 우주 정거장 설계하기 조사 / 탐구

목 표

우주 정거장에 대해 이해하고, 미래의 우주 정거장을 설계할 수 있다.

**과정**

❶ 미국, 러시아, 일본 등 전 세계 16개국이 참여하여 건설 중인 국제 우주 정거장(ISS)은 여러 개의 모듈로 이루어져 있다. 다음은 각 모듈의 역할을 나타낸 것이다. 우주 정거장에서는 어떤 실험이 이루어지고 있는지 조사해 본다.




❷ 미래의 우주 정거장 설계도를 그려 본다. 그리고 설계도에 각 모듈의 특징이나 역할이 무엇인지 써넣는다.

**결과** 창의 · 인성

1 미래의 우주 정거장에서는 어떤 일을 하고, 무엇이 필요할지 생각해 보자.

2 우주 개발을 목적으로 발명된 제품 중 상용화된 것에는 어떤 것들이 있는지 조사해 보자.



**✚ 참고 자료** 우주에서의 인체 변화



## 우리나라의 우주 개발

현재에는 미국과 러시아뿐만 아니라 많은 나라에서 우주 개발에 참여하고 있다. 우리나라 주변국인 일본과 중국도 이미 1970년에 각각 위성 발사에 성공하였으며, 최근에는 달이나 소행성 탐사에도 나서고 있다.

우리나라의 우주 개발은 1990년 이후 본격적으로 시작되었다. 위성 분야에서는 1992년 우리별 1호를 시작으로 1999년에는 우리나라 독자적으로 제작한 우리별 3호와 실용 위성인 아리랑 1호를 발사하였다. 발사체와 관련해서는 1993년 과학 로켓 1, 2호를 시작으로 2002년에 액체 추진 과학 로켓 3호를 발사하였다. 또 2005년에는 우주 개발 진흥법을 제정하여 우주 개발을 체계적으로 추진할 수 있는 토대를 마련하였다.

2008년에는 한국 최초의 우주인이 탄생하였고, 2009년에는 우주 센터를 건설하여 한국 최초의 우주 발사체인 나로호를 발사하였다. 2010년에는 우리나라 첫 번째 통신 해양 기상 위성인 천리안이 발사되어 우리나라 주변의 대기와 해양을 관측하고 있다.

앞으로 우리나라는 2017년까지 한국형 발사체를 개발하여 실용 위성 발사 능력을 확보하고, 2020년에는 달 궤도선, 2025년에는 달 착륙선을 발사할 예정이다.

**스스로 해결하기**
우리나라에서 보유한 첫 번째 통신 해양 기상 위성의 이름은 무엇인가?

❸ 그림 Ⅶ-48 한국항공우주연구원




**스스로 해결하기**

우리나라에서 보유한 첫 번째 통신 해양 기상 위성의 이름은 무엇인가?

답 천리안 위성

## 학습 자료실

### ❀ 우리나라의 우주 개발 현황

(1) **1990년 이전** 1958년, 국방 과학 기술 연구소에서 첫 로켓이 개발되어 1959년에 시험 발사되었다. 그러나 1961년 연구소의 해체로 중단되었다.

1959년부터는 인하 공과 대학에서 로켓 기술의 확보를 위해 다양한 노력을 하였고, 1969년부터 공군 사관 학교가 중심이 되어 본격적인 로켓 연구가 시작되었다.

이러한 연구에서 얻은 지식과 경험은 국방 과학 연구소로 이어졌고, 1978년에 국방 과학 연구소에서 국산 유도탄을 개발하였다.

(2) **1990년 이후** 1990년 이후에는 인공위성의 개발을 시작으로 우리나라의 우주 개발이 본격적으로 시작되었고, 1996년에는 우주 개발 중장기 기본 계획이 수립되었다. 그리고 2005년에는 우주 개발 진흥법이 제정되어 우주 개발을 체계적으로 추진할 수 있는 토대가 마련되었으며, 2006년에는 제1회 국가 우주 위원회가 개최되었고, 2007년에는 제1차 우주 개발 진흥 기본 계획과 우주 개발 사업 세부 실천 로드맵이 수립되었다.

(3) **주요 성과** 2002년에 액체 로켓 엔진인 과학 로켓 3호가 개발되었으며, 2008년에는 한국 최초의 우주인 탄생으로 국민의 과학 의식 수준이 높아졌다. 2009년에는 한국형 발사체인 나로호와 우주 센터가 건설되었다. 또 우주 개발 중장기 기본 계획에 따라 7기의 위성을 개발하여 성공적으로 발사·운용하고 있으며, 추가로 위성을 개발 중에 있다.

## 과학 돋보기

### ❀ 우리나라 우주 개발 계획 밑그림

(1) **인공위성 분야** 1992년에 발사된 '우리별 1호'와 1993년에 발사된 '우리별 2호'를 시작으로 우주 개발에 착수하였다. 저궤도 위성의 시스템 기술은 2012년까지, 본체 기술은 2016년까지 자립화를 추진하며, 소형 위성 개발을 통해 소형 달 궤도 탐사 위성 개발을 위한 기반 기술을 확보하고, 2022년까지 정지 궤도 위성의 독자 모델 개발을 목표로 하고 있다.

(2) **우주 발사체 및 우주 센터 분야** 저궤도 실용 위성 발사체 기술 확보 및 상용화를 목표로, 발사체 자력 개발과 발사체 개발에 필요한 기반 시설을 구축하여 2017년까지 1.5 t급 실용 위성 발사 및 운용 능력을 확보하고, 2020년에는 한국형 발사체 개발을 계획하고 있다.

(3) **우주 탐사 분야** 국제 공동 우주 탐사 프로그램에 참여하여 우주 탐사를 위한 궤도선, 착륙선 등의 설계, 제작, 운전에 관련된 기반 기술을 확보한다.

(4) **위성 활용 분야** 위성을 이용한 전파 항법 시스템은 전 세계 대부분의 지역에서 시각과 위치 서비스를 제공받을 수 있다. 이러한 산업을 이끌기 위해 위성 관제 운영 기술력을 확보하고, 원격 탐사와 지구 관측 위성을 활용할 수 있는 기술을 개발하며, 위성 항법 활용 기술의 자립화를 추진한다.



## ❀ 위성의 비행 속도

공기 저항을 무시할 경우, 지표면에서 인공위성의 초기 회전을 위해 필요한 이론적인 속도는 약 7.9 km/s이다. 이 속도보다 작은 속도로 회전하면 중력의 영향으로 낙하하게 된다. 물론 고도가 높아지면 중력이 감소하기 때문에 위성이 되기 위한 속도는 점차 감소한다. 중력은 우주를 비행하는 물체에도 작용해서 물체를 끌어당기기 때문에 물체가 지구를 탈출하기 위해서는 좀 더 큰 속도가 필요하며, 달이나 다른 행성으로 우주 비행체를 보낼 때 요구되는 탈출 속도는 11.2 km/s 정도이다. 7.9 km/s를 제1차 우주 비행 속도라고 하며, 11.2 km/s를 제2차 우주 비행 속도라고 한다.

## ❀ 궤도에 따른 인공위성의 분류

인공위성을 궤도면의 경사각에 따라 분류하면 정지 궤도 위성, 극궤도 위성, 경사 궤도 위성으로 나눌 수 있다.

(1) **극궤도 위성** 지구의 북극과 남극 주위를 회전하는 위성으로서, 고도 100 km 정도의 비교적 낮은 궤도를 가지는 위성이다. 고도가 낮으므로 공전 주기가 짧다.

(2) **정지 궤도 위성** 적도 상공 약 36,000 km에서 원형 궤도를 도는 위성으로서, 지구의 자전과 같은 각속도로 회전하므로 항상 지상의 한 지점 위에 떠 있는 것처럼 보인다. 이렇게 회전하기 위해서는 해수면으로부터 약 36,000 km의 높이를 유지해야 한다. 만약 위성의 고도가 낮아지면 지구의 중력이 크게 작용하여 정지 궤도를 유지할 수 없다.

(3) **경사 궤도 위성** 인공위성의 궤도면이 적도면과 경사를 이루는 위성을 경사 궤도 위성이라고 한다. 현재 적도 상에는 인공위성 발사장이 없기 때문에 적도가 아닌 곳에서 인공위성을 발사하면 경사 궤도에 진입하게 된다. 경사 궤도로 발사되는 인공위성들은 주로 과학 실험용 위성이나 기술 위성으로 사용된다.

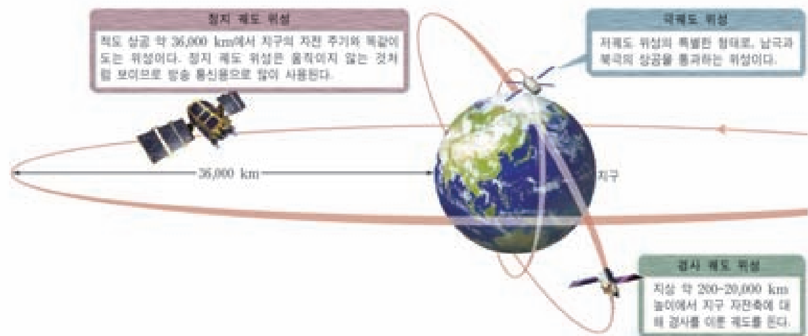



그림 Ⅱ-49 궤도에 따른 인공위성의 종류

### 인공위성과 우리 생활

인공위성은 용도에 따라 통신 위성, 과학 위성, 기상 위성, 항법 위성, 지구 관측 위성 등으로 나뉜다. **통신 위성**은 방송이나 통신 중계 등에 이용되는 위성으로서, 우리나라의 무궁화 위성은 방송 · 통신용으로 이용되는 정지 궤도 위성이다. **과학 위성**은 과학 연구를 위한 자료 수집을 목적으로 하는 인공위성으로서, 우리나라의 우리별 위성과 과학 기술 위성 등이 이에 해당한다. **기상 위성**은 기상 관측을 주목적으로 하는 인공위성으로서, 우리나라는 2010년에 발사한 천리안 위성이 정지 궤도를 돌며 기상 관측을 담당하고 있다. **항법 위성**은 전파를 통해 선박이나 비행기의 위치를 알려 준다. **지구 관측 위성**은 바다와 육지를 관측하는 위성으로서, 인간이 환경에 주는 영향을 알려 준다. 우리나라의 아리랑 위성은 지구 관측 위성으로서, 해양 오염, 자원 탐사, 농업 재해 모니터링, 해양 적조 감시, 정밀 지도 제작 등에 활용되고 있다.



그림 Ⅱ-50 천리안 위성_ 2010년에 발사한 우리나라 최초의 기상 관측용 위성으로서, 정지 궤도를 돌며 기상 관측뿐만 아니라 해양 관측과 통신 서비스를 제공하는 복합 위성이다.

그림 Ⅱ-51 천리안 위성이 촬영한 기상 영상(2011년 8월 5일) 한반도로 접근하는 태풍의 모습이 선명하게 보인다.

348

## 심화 학습 고체 연료 로켓과 액체 연료 로켓

(1) **고체 연료 로켓** 고체 형태의 연료를 태워서 추진력을 얻는 로켓으로서, 13세기 중국과 아랍에서 전투에 사용한 화약식 로켓에서 비롯되었다. 연료와 산화제의 혼합물을 사용하며, 연소실이나 케이스 내에 저장하여 사용한다. 현재는 발사체의 추력 보강용으로 사용된다. 시스템이 간단하여 추진제 이송 시스템이나 밸브와 같은 복잡한 기계 장치가 필요하지 않기 때문에 제작 비용이 저렴하다. 그러나 추력의 조절 및 재시동이 불가능하여 로켓의 유도 및 제어용으로 사용하기에는 상대적으로 불리하다.

(2) **액체 연료 로켓** 탱크와 로켓 엔진으로 구성되어 있다. 일반적으로 액체 추진제는 액화 산소와 같은 액체 산화제와 액화 수소와 같은 액체 연료로 구성되는 이원 추진제 시스템과 산화제 대신 촉매를 사용하는 단일 추진제 시스템으로 구분된다. 단일 추진제 시스템에는 하이드라진($N_2H_4$)이라는 연료가 사용된다. 이 시스템은 아주 작은 추력을 생성할 수 있기 때문에 위성의 자세나 궤도 등을 미세하게 제어하는 데 사용되고 있다. 액체 추진 로켓 시스템은 시스템이 복잡하지만 추력의 조절과 재시동이 용이하여 위성 발사체에 주로 사용되고 있다.

위성 방송 시청

내비게이션

그림 Ⅶ-52 인공위성의 이용

인공위성은 이미 우리 생활 곳곳에 이용되고 있다. 외국에서 열리는 스포츠 경기를 텔레비전으로 시청하고, 외국에 있는 친구와 전화로 이야기하며, 인터넷을 통해 화상 채팅을 할 수 있는 것 등은 모두 위성을 이용한 것이다. 그뿐만 아니라 지피에스(GPS) 수신기가 탑재된 스마트폰이나 자동차의 내비게이션을 이용하면 가 보지 않은 길도 쉽게 찾아갈 수 있다. 이와 같이 인공위성을 이용한 정보 통신 기술의 발달은 우리의 생활을 편리하게 해 주고 있다.

또한 인공위성은 우리의 생활을 위협하는 요소들을 미리 파악할 수 있게 해 준다. 기상 변화나 해수면의 온도 변화에 따른 재난에 대비할 수 있고, 농사 작황을 파악하여 인류의 식량 문제에 미리 대응하는 것도 가능하며, 자원을 탐사하거나 개발하는 데 이용하여 인류의 자원 문제 해결에도 기여할 수 있다.

그리고 지구 온난화 현상에 따른 빙하 면적의 변화나 오존층의 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 해 주어 지구의 환경을 보호하는 데 기여하기도 한다.

인공위성을 비롯한 우주 개발 관련 산업은 전기, 전자, 기계, 재료, 화학, 생물 등 광범위한 분야의 초정밀 첨단 기술이 종합된 분야로서, 그 파급 효과가 크므로 앞으로는 더욱 중요한 역할을 하게 될 것이다.

생물

화학

재료

기계

전기

전자

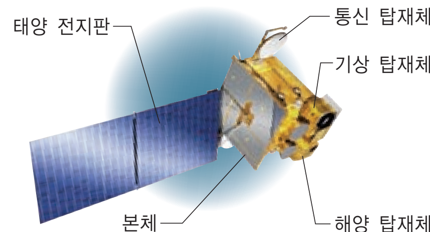
그림 Ⅶ-53 인공위성 및 우주 개발 관련 산업

2. 은하와 우주 349

## 참고 자료 천리안 위성

천리안 위성은 우리나라 최초의 기상 위성으로서, 해양 관측, 기상 관측, 통신 서비스 임무를 수행하는 복합 위성이다. 2010년 6월 26일에 발사되어 2011년 4월부터 정상 운용되고 있다. 이로써 우리나라는 세계에서 7번째 기상 관측 위성 보유국이 되었다.

천리안 위성의 궤도는 동경 128.2도, 고도 35857 km이며, 24시간 주기로 공전한다. 정지 궤도 위성으로는 세계 최초로 개발된 해양 탑재체는 500 m의 해상도를 가지며, 한반도 주변 해역의 해양 환경 및 해양 생태를 감시하고, 해양의 클로로필 생산량을 추정하며, 어장 정보를 얻는다. 기상 탑재체는 가시광선 탑재체가 1 km, 적외선 탑재체가 4 km의 해상도를 가지며, 일상적인 기상 임무 수행, 태풍 · 집중 호우 · 황사 등의 위험 기상 조기 탐지, 장기간의 해수면 온도 및 구름 자료를 통한 기후 변화 분석 등을 수행한다.




천리안 위성의 구조




### 인공위성의 이용

(1) **기상 위성** 기상 위성은 가뭄, 태풍, 폭풍, 홍수, 엘니뇨 현상, 구름, 습기 등의 전반적인 기상 현상을 관측한다. 우리가 매일 뉴스를 통해 하루 후 또는 1주일 후의 일기를 확인할 수 있는 것들은 기상 위성의 활동 덕분이다. 기상 위성을 활용함으로써 매년 일어나는 큰 기상 재해의 피해를 줄일 수 있다.

(2) **항법 위성** 비행기나 배의 경우 바다 한가운데 또는 하늘 한가운데에서도 정확한 위치를 파악할 수 있다. 이것은 모두 항법 위성을 이용한 것이다.

(3) **첩보 위성** 조기 경보, 도청 등의 군사 정보 수집을 위주로 활동한다. 미사일 탐지, 전투기나 군함, 군사 이동을 추적하고 감시하는 역할을 한다. 우주 강국이 국지전에서 승리하는 데 큰 도움이 된다.

(4) **지구 관측 위성** 지구에서는 대기에 의해 천체의 관측이 매우 어렵다. 그러나 대기권을 벗어나면 빛의 진로를 방해하는 공기가 없기 때문에 천체를 지구에서 관측하는 것보다 정확하게 관측할 수 있다. 지구 관측 위성의 대표적인 예로는 허블 우주 망원경이 있다.

(5) **원격 탐사 위성** 원격 탐사 위성은 자원 탐사, 산림의 관리와 운용, 농산물 상황 파악, 해양 자원의 보호와 관리, 지표면 변화의 관찰 등에 활용된다.

(6) **통신 위성** 통신 위성은 정지 궤도에서 고정 통신, 이동 통신이 모두 가능하고, 저궤도와 중궤도에서는 이동 통신이 가능하다. 우리나라의 무궁화 1, 2호와 같은 위성들은 텔레비전 신호나 위성 전화 등의 통신 서비스에 활용된다. 현재 약 100기 이상의 통신 위성들이 정지 궤도를 돌며 활동 중에 있다.

이러한 통신 위성들은 우주 공간에서 중계국 역할도 한다.



## ❀ 우주 개발에서 얻은 기술

(1) **화재 경보기**　1970년대 NASA는 최초의 우주 정거장인 스카이랩에서 일어날지도 모르는 화재를 미리 감지하기 위해 연기 감지 화재 경보 장치를 개발하였다.

(2) **주택 단열재**　우주선은 지구의 대기를 통과할 때 발생되는 마찰열과 우주 공간의 급격한 온도 변화에 대응하기 위해 단열 장치가 필수적이다. 주택 단열에 적용된 알루미늄 단열 장치는 아폴로 우주선에 사용된 단열 장치의 원리를 이용한 것이다.

(3) **위성 방송**　1962년, NASA가 쏘아 올린 텔스타 위성은 미국의 텔레비전 방송을 프랑스에 중계하였다. 이때부터 지구 곳곳에서 벌어지는 일들을 안방에서 텔레비전으로 시청하는 것이 가능해졌다.

(4) **정수기**　우주 비행사들의 식수 문제를 해결하기 위해 정수기를 개발하였다. 이때 개발된 것이 중금속과 악취를 걸러 주는 이온 여과 장치이다.

(5) **선글라스**　우주 비행사들의 시력 보호를 위해 유해 광선을 걸러 줄 필터를 개발했다. 이 필터는 실생활 속의 선글라스로 개발되었다.

(6) **피부 확대 사진**　달의 분화구와 계곡의 깊이를 정확히 측정하기 위해 개발된 기술을 이용해 피부의 상태를 생생하게 볼 수 있다.

(7) **여성 속옷**　우주선이 접혀 있다가 달 표면에서 적당한 온도가 되면 저절로 펴지는 형상 기억 합금은 1969년 아폴로 11호에서 처음 사용되었다. 형상 기억 합금을 이용해 속옷 회사에서는 탄성력이 좋고 모양이 쉽게 일그러지지 않는 여성 속옷을 개발하였다.



❶ 그림 Ⅷ-54 병원에서 사용 중인 MRI 장치



❶ 그림 Ⅷ-55 가정용 정수기

### 우주 개발의 영향과 문제점

우주 개발은 우주에 대한 많은 의문점들을 해결해 주고 있으며, 우주 개발 과정에서 얻은 기술은 신기술의 원천이 되기도 한다. 우리가 가정에서 사용하는 정수기는 우주인들의 식수 문제를 해결하기 위해 개발되었으며, 병원에서 사용하는 시티(CT)나 자기 공명 영상(MRI) 장치 등도 아폴로 계획에서 개발된 기술들을 활용한 것이다. 최근에는 우주 개발에 참여하는 국가들이 늘어나면서 우주 개발 관련 기술이 고부가 가치를 지닌 산업으로 떠오르고 있다.

한편, 그동안의 우주 개발 과정에서 발생한 통제되지 않는 비행체나 부품 조각들이 매우 빠른 속도로 지구 주위를 돌고 있다. 이러한 우주 쓰레기는 우주 공간에 있는 다른 우주 탐사 기기와 충돌할 위험이 있으며, 인류가 우주선을 이용하여 우주로 나가거나 들어올 때 매우 위험적인 요소가 되고 있다. 우주 개발이 진행될수록 이와 같은 우주 환경오염 문제는 더욱 심해질 것이므로 이에 대한 대처가 필요하다.



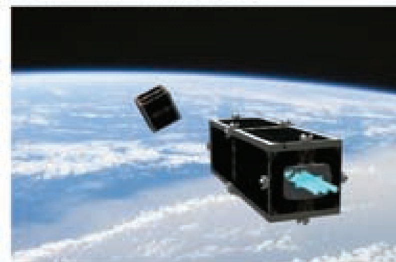
❶ 그림 Ⅷ-56 첨단 로봇 기술

**보더** **우주 개발에 따른 국제 문제**
우주 선진국에 비해 뒤늦게 우주 개발에 참여한 우주 개발 도상국에 대한 우주 궤도 사용의 배분이나 주파수 배분 등과 같은 새로운 문제들이 생겨나고 있으며, 우주 개발에 뒤처진 국가들의 국가 안보 위협 문제도 나타나고 있다.

**잠깐 체크** 대부분의 우주 쓰레기는 무엇으로부터 생겨났을까?

❶ 표 Ⅷ-1 숫자로 보는 우주 쓰레기

| | |
|---|---|
| 개수 | • 크기 10 cm 초과: 1만 6천 개<br>• 크기 1~10 cm: 50만 개<br>• 크기 1 cm 미만: 1천만 개 |
| 속도 | 시속 36,000 km(저궤도 부근) |
| 파괴력 | 지름 1 mm 알루미늄 조각이 초속 10 km로 돌진할 때: 시속 450 km로 날아오는 야구공의 위력 |
| 수명 | • 고도 300~600 km: 수년<br>• 고도 1,000 km 이상: 100년 이상 |



❶ 그림 Ⅷ-57 우주 쓰레기 회수용 우주선(상상도)

350 Ⅷ. 외권과 우주 개발

### ✚참고 자료 우주 개발 관련 용어

(1) **부스터**　로켓이나 항공기 등의 보조 추진용 로켓으로서, 고체 로켓 부스터는 발사체의 초기 상승 동안 추가의 추력을 제공하기 위해 보조로 사용된다.

(2) **공간 해상도**　공간 해상도 1 m는 영상의 한 화소가 지표면의 가로, 세로 각각 1 m 영역의 정보를 나타냄을 의미한다. 현재 정밀 위성 영상은 0.5 m 이하의 공간 해상도를 제공한다.

(3) **대륙 간 탄도 미사일**　한 대륙에서 다른 대륙으로 탄두를 보낼 수 있는 장거리 로켓으로서, 통상 7,500 km 이상의 수평 거리를 비행할 수 있는 미사일이다.

(4) **우주 공장**　우주 공간의 무중력 상태 등을 이용해서 완전히 새로운 재료와 의약품을 생산하고자 하는 계획 아래 건설되는 시설로서, 국제 우주 정거장에서 우주 공장의 가능성을 점검하고 있다.

(5) **킥모터**　위성의 궤도를 바꾸기 위해 사용하는 로켓 엔진이다.

(6) **이온 엔진**　전기를 띤 이온 분자를 전기장에서 가속시켜 그 반동으로 추진력을 얻는 엔진이다.

**잠깐 체크**

우주 개발 과정에서 발생한 비행체나 수명을 다한 인공위성의 잔해

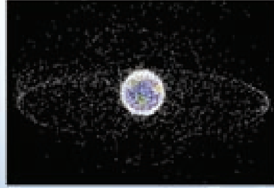
STEAM 융합

## 우주 개발을 위협하는 우주 쓰레기



지구 궤도를 도는 인공의 물체 중 더 이상 유용한 목적으로 이용되지 않는 것을 우주 쓰레기라고 한다. 우주 쓰레기는 주로 수명이 다한 인공위성이나 로켓에서 떨어진 다양한 크기의 파편들로서, 지구 주변을 약 10 km/s의 속력으로 날아다닌다.

1957년에 최초의 인공위성인 스푸트니크 1호가 발사된 이후 지금까지 6,000여 개의 인공위성과 우주선이 쏘아 올려졌다. 그러나 지금까지 사용되는 것은 그중의 10 % 정도에 불과하며, 나머지의 대부분은 우주 쓰레기가 될 것으로 추정된다. 최근 지구 궤도에 진입하는 위성이 급증함에 따라 위성과 우주 쓰레기 사이의 충돌 가능성은 점점 높아지고 있다. 이미 1996년 7월 프랑스의 인공위성 세리스가 1986년에 발사되었던 아리안 로켓의 파편과 충돌하여 심각하게 손상되었다. 또한 미국의 우주 왕복선도 여러 차례 우주 쓰레기와 충돌해 외부 부품을 교체하였다. 현재 북미 항공 우주 방위 사령부(NORAD)가 약 35,000개의 우주 쓰레기를 추적하고 있지만, 지름 1 cm 정도로 크기가 작은 것들은 탐지하기가 불가능한 상황이다.



❶ 지구 주변에 분포하는 인공위성과 우주 쓰레기



❷ 우주 쓰레기와 충돌한 우주 왕복선과 허블 우주 망원경의 표면

❸ 지구로 떨어진 우주 쓰레기의 잔해

글쓰기

1 우주 쓰레기의 피해에는 어떤 종류가 있는지 서술해 보자.

2 인류의 우주 개발에 있어 우주 쓰레기 문제를 해소할 수 있는 방안을 제시해 보자.

351

### 과학 돋보기

#### ❀ 우주 쓰레기의 발생 원인

(1) **위성 발사와 작동 과정에서 발생하는 우주 폐기물** 이 폐기물은 위성을 발사하기 위해 사용되는 로켓이나 렌즈 캡슐, 분리 장치 및 빈 연료 탱크 등이다. 그러나 이러한 원인으로 발생하는 폐기물은 그리 많지 않으며, 더 이상 버리지 않는 설계를 채택함으로써 그 양이 줄어들고 있다.

(2) **위성의 노화로 발생하는 폐기물** 이 폐기물은 임무를 마친 위성이 지구 궤도에 남아 있는 상태로서, 위성의 발사 수가 증가함에 따라 그 수가 더욱 증가하고 있는 추세이다. 이 폐기물은 인간의 우주 공간 활동이나 위성 통신 등에 문제를 일으키며, 임의의 물체와의 충돌로 새로운 폐기물을 생성하는 원인이 되고 있다.

(3) **위성의 파괴와 분열에 의해 발생하는 위성 파편** 이 폐기물은 주로 위성 배터리의 폭발 또는 전기적인 장애나 지상 관제국으로부터의 오동작에 의한 우발적인 폭발, 위성 발사나 환경 시험 중의 폭발로 발생된다. 이러한 폐기물들은 현재 지구 궤도 상에 있는 우주 쓰레기의 대부분을 차지하고 있으며, 위성체 분열에 의해 생성되는 폐기물의 비율이 자연적인 하락에 의해 제거되는 비율을 훨씬 앞서고 있어 문제가 더욱 심각하다.

### 학습 자료실

#### ❀ 우주 쓰레기 문제

우주 쓰레기는 충돌 가능성이나 전파 간섭 등의 문제를 일으킨다. 현재 지구 궤도를 가장 크게 위협하고 있는 것은 충돌에 따른 위성의 폭발이다. 시간이 지날수록 위성이 급증하고 있어 위성 간 또는 위성과 우주 폐기물과의 충돌 가능성은 더욱 높아지고 있다.

사진은 우주 왕복선 엔데버호에 뚫린 구멍으로서, 2007년 국제 우주 정거장 임무 수행 중 우주 쓰레기와 충돌한 흔적이다.

우주 쓰레기와 우주 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 우주 쓰레기의 발생 방지 및 소거 방안 등에 대한 연구가 시작되었다.



❹ 우주 왕복선 엔데버호 표면의 충돌 흔적

#### ❀ 우주 쓰레기의 파괴력

우주 쓰레기들은 3∼7.8 km/s로 비행하고 있어 큰 문제로 부각되고 있다. 우주 쓰레기의 파괴력은 1 cm 정도 크기의 알루미늄이 위성과 충돌하면 무게 200 kg의 물체가 시속 100 km로 움직이는 물체와 충돌했을 때와 같은 효과를 내며, 10 cm보다 작은 파편도 수류탄과 같은 폭발력을 가지고 있어 약 5 cm 두께의 금속 벽을 관통할 수 있다. 1996년 7월, 프랑스의 인공위성 세리스가 아리안 로켓의 파편 조각과 충돌하여 심각한 손상을 입기도 하였다.

최근에는 우주 쓰레기뿐만 아니라 끊임없이 증가하는 위성의 발사에 따라 위성의 추적, 감시 및 탐색 등이 중요한 문제로 떠오르고 있다. 현재 우리나라는 위성을 추적하고 감시하기 위한 시설이나 기술이 확보되지 않은 상태이다.

## 탐구 활동 조사

**| 목표 |**

우주 개발과 관련된 직업에는 어떤 것들이 있는지 설명할 수 있다.

**| 원리 설명 |**

1 우주 개발과 직접 관련 있는 직업에는 우주선 제작, 발사, 탑승, 운항, 연구 등 다양한 직업이 있다.
2 우주 개발과 간접적으로 관련 있는 직업에는 신소재 · 전기 · 전자 · 컴퓨터 · 통신 공학자 등이 있다.

**| 유의점 |**

1 사전에 인터넷으로 우주 개발과 관련된 직업 및 하는 일에 대하여 조사해 보도록 한다.
2 시간의 흐름에 따라 새로운 분야의 직업이 생기기도 하므로 개방적으로 의견을 발표하는 과정을 통해 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 우주 개발과 자신의 진로와의 연관성을 살리는 방향으로 찾아보도록 한다.
2 기계나 공학이 아닌 사회 과학이나 인문 과학 분야에서도 관련성을 찾아보도록 한다.
3 우주 관련 직업 체험관을 통해 직접 체험해 볼 수 있도록 한다.

**참고 자료 우주 관련 직업 체험관**

- 국립 중앙 과학관
  http://www.science.go.kr
- 국립 고흥 청소년 우주 체험 센터
  http://www.nysc.or.kr
- 스페이스 스쿨
  http://www.spaceschool.co.kr
- 옥토끼 우주 센터
  http://www.oktokki.com
- 의정부 과학 도서관 천문 우주 체험실
  http://ast.uilib.net

**우주 개발과 관련된 직업의 세계**

우주 과학은 기초 과학 분야에서부터 공학에 이르기까지 모든 과학의 총 집합체이다. 따라서 우주 개발과 관련된 직업 또한 매우 다양하다. 우주 개발과 관련된 직업에는 무엇이 있을까?

**탐구 활동** 우주 개발과 관련된 직업의 세계 조사

목표
우주 개발과 관련된 직업에는 어떤 것들이 있는지 설명할 수 있다.

과정
그림과 같은 우주 개발과 관련된 직업에는 어떤 것들이 있으며, 하는 일은 무엇인지 알아본다.

결과 창의 · 인성
우주 개발과 관련된 직업과 하는 일들을 조사하여 적어 보자.

| 직업 | 하는 일 |
|---|---|
| 항공 공학자 | 항공기 관련 기술 개발, 비행체 제작 및 설계, 비행 시스템 개발, 항공기 부품 설계 및 시험 |
| | |
| | |
| | |

352 Ⅷ. 외권과 우주 개발

**| 결과(예시) |** 창의 · 인성

| 직업 | 하는 일 |
|---|---|
| 항공 공학자 | 항공기 관련 기술 개발, 비행체 제작 및 설계, 비행 시스템 개발, 항공기 부품 설계 및 시험 |
| 우주 과학자 | 우주 정거장에서 실험 수행 |
| 천체 물리학자 | 우주 개발에 대한 설계, 탐사 대상 선정, 주요 임무 선정 |
| 통신 공학자 | 우주선과 지상의 교신 시스템 개발 |

**| 평가 기준표 |**

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 태도(인성) | 조사 및 토의 활동에 적극적으로 참여하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 결과 | 우주 개발과 관련된 직업과 하는 일에 대하여 구체적으로 설명하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

우리나라의 우주 개발은 선진국보다 뒤늦게 시작되어 현재에는 우주 개발 인력이 많이 부족한 실정이다. 그러나 우주 개발과 관련된 산업이 점차 발전하고 있으므로 그에 따른 직업의 종류와 우주 개발 인력의 수도 점차 많아질 것으로 전망된다.

❶ 그림 Ⅶ-58 우주 과학과 직업




자기 주도 학습

개념 확인하기

1999년에 발사된 인공위성으로서, 설계에서 부품 제작, 조립까지 전 과정을 국내 연구진이 맡은 최초의 우리 고유의 인공위성은 무엇인가?

과학과 기술, 사회 연관 짓기

우리나라가 달에 탐사선을 발사하기 위해서는 먼저 어떤 기술들이 개발되어야 할까?

2. 은하와 우주 353

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

우리별 3호_ 우리별 3호는 한국 과학 기술원 인공위성 연구 센터에서 1호와 2호의 개발 경험을 바탕으로 하여 최초로 우리나라가 독자적으로 설계·제작한 인공위성으로서, 1999년 5월 26일에 발사되었다.

▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

달 탐사선을 발사하기 위해서는 자체적인 우주 발사체의 개발, 운용, 탐사선의 제작 및 제어 기술 등이 사전에 개발되어야 한다._ 달 탐사선을 발사하기 위해서는 우선 발사체의 제작 및 운용과 관련된 기술이 확보되어야 하며, 탐사선의 운용 및 제어를 위한 기술들도 확보되어야 한다.

## 심화 학습 우주 개발 관련 사업

| 대분류 | 중분류 | 소분류 |
| --- | --- | --- |
| 위성체 | 시스템 | 설계, 조립·시험, 발사 관련 |
| | 위성 본체 | 추진계, 열 제어계, 원격 측정 명령계, 자세 및 궤도 제어계 |
| | 탑재체 | 광학·레이더·기상·통신 탑재체 |
| 발사체 | 시스템 | 설계, 조립·시험, 발사 관련 |
| | 2단 | 구조, 추진, 자세 제어, 전자 탑재, 분리, 환경 제어 |
| | 상단 탑재부 | 구조, 임무 제어, 전자 탑재, 환경 제어 |
| | 페어링 | 구조, 분리, 환경 제어 |
| 지상 장비 | 위성 관련 | 위성 시험, 위성 관제 |
| | 발사체 관련 | 발사대, 시스템, 시험 설비 |
| 위성 활용 서비스 | 원격 탐사 | 영상 판매, 영상 처리 소프트웨어 |
| | 위성 방송 통신 | 위성 방송, 위성 통신 |
| | 위성 항법 시스템 | 항법, 시각 동기, GPS 이용 장비 |
| | 우주 과학 | 유인 우주, 우주 탐사, 우주 감시, 우주 측지 |

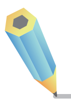



### ❀ 우주 개발 효과

최근 우주 개발이 '황금 알'을 낳는 미래 산업으로 떠오르면서 우주 개발 역사가 국민의 생활 편익을 위한 우주 산업으로 거듭나고 있다. 항공 우주 개발에 대한 투자 효과는 기술, 정치, 사회, 경제 등 여러 측면에서 나타난다. 특히 위성 응용 산업, 위성 방송, 통신 및 위치 정보 시스템(GPS) 분야는 매년 20 % 이상의 초고속 성장을 거듭하고 있다.

이와 같이 산업 유발 효과가 커짐에 따라 우주 산업 시장이 커진 것이다. 우주 개발 과정 중 신소재, 전자, 기계, 방직, 통신, 식품 등 다양한 산업의 기술이 진보했고, 이와 함께 생산성 향상이 일어났다.

따라서 다양한 측면에서 직·간접적인 효과를 거두고 있는 항공 우주 분야에 대한 노력은 과학 기술 수준의 향상과 더불어 정치·사회·경제 발전에 공헌함과 동시에 국가 이익의 증진과 국제적 지위 향상의 밑거름이 될 것이다.



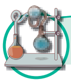
# 대단원 마무리

## Ⅶ. 외권과 우주 개발

### 개념 정리하기

**| 빈칸 채우기 |**

㉠ 여름, ㉡ 겨울, ㉢ 연주 시차, ㉣ 100, ㉤ 낮다, ㉥ 높다, ㉦ 암흑 성운, ㉧ 구상 성단, ㉨ 나선 은하



**학습 자료실**

### ❀ 황도 12궁

황도 12궁은 태양과 행성들이 지나가는 길목에 있는 12개의 별자리를 말한다. 양자리에서 시작하여 황소자리, 쌍둥이자리, 게자리, 사자자리, 처녀자리, 천칭자리, 전갈자리, 궁수자리, 염소자리, 물병자리, 물고기자리의 순으로 배열되어 있다.

### ❀ 위성의 탐사 결과

(1) **지구의 위성** 달은 밝고 크게 보이는 천체로서, 대기가 없고 표면에 많은 운석 구덩이가 있으며, 메마른 먼지가 많고, 달의 앞면에는 뒷면보다 검게 보이는 바다가 많다. 또한 달의 월석을 분석한 결과 달의 나이는 46억 년으로서, 지구의 나이와 비슷하다는 결과를 얻었다.

(2) **화성의 위성** 포보스와 데이모스가 있으며, 1975년 바이킹호에 의해 밝혀졌다. 화성의 표면에는 많은 운석 구덩이가 있고, 충돌에 의해 깨진 곳도 발견되었다.

(3) **목성의 위성** 목성은 많은 위성이 있으며, 그중 갈릴레이 위성이 특별히 크다. 이오는 표면이 일그러지고 화산 활동이 심하게 일어나고 있으며, 가니메데와 칼리스토는 수성보다도 크고 표면 균열과 운석과의 충돌 흔적이 보인다.

(4) **토성의 위성** 타이탄에는 짙은 질소와 메테인 성분의 대기가 있으며, 미마스는 표면에 거대한 운석 구덩이가 있다.

(5) **천왕성의 위성** 미란다는 뒤틀린 모습을 하고 있다.

(6) **해왕성의 위성** 트리톤은 대기를 가지고 있고 위성 중 유일하게 역행을 하고 있다.

대단원 마무리

Ⅶ. 외권과 우주 개발

개념 정리하기

계절 별자리





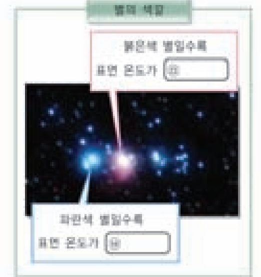


별의 특성



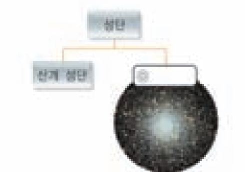







은하의 구성과 종류







354 Ⅶ. 외권과 우주 개발

**심화 학습** 

### 우주 정거장에서 하는 일

우주 정거장에서는 마이크로 중력을 활용한 기초 우주 과학 실험을 수행한다. 지상에서 작용하던 중력의 효과가 사라짐으로써 발생하는 현상을 연구하고, 새로운 환경에 대처하는 기술을 개발하거나 이를 활용하여 신기술 또는 신물질을 연구한다. 이와 같은 실험에는 유인 우주 탐사를 위한 생명체 유지 시스템의 개발, 이산화 탄소 수거 및 활용 기술, 물 생성 기술, 신선한 공기 생성 기술 등이 포함되어 있으며, 초진공, 초저온, 초고온, 방사선 등 극한 환경을 극복하기 위한 신소재 개발 실험과 기초 과학 이론 검증을 위한 실험 등이 포함된다.

2008년, 우리나라는 우주인 배출 사업을 통해 이소연 박사는 우주 정거장에서 장기간의 우주 비행에서 발생할 수 있는 우주인의 건강 변화 관련 실험, 제올라이트 결정 성장 실험, 식물 발아 생장 및 변이 관찰, 대기 및 기상 관측 연구, 차세대 메모리 소자 실험, 우주 저울 개발, 국제 우주 정거장의 소음에 대한 연구 등을 수행하였다. 이 사업은 과학 기술 수준 및 국제적 위상을 높여 주었고, 우주 산업 전반에 걸친 경제적 가치 창출의 기반이 되었으며, 청소년들에게 과학 기술의 꿈을 키워줄 수 있는 기회를 제공하였다.

## 개념 적용하기

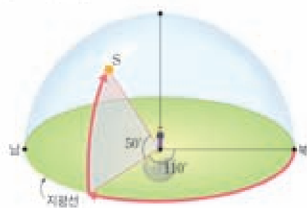
**1** 다음 설명 중 옳은 것에는 ○, 틀린 것에는 ×로 표시하시오.

(1) 별의 거리가 멀수록 연주 시차가 커진다. ( )

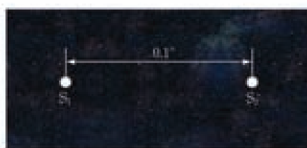
(2) 거리가 20파섹인 별은 겉보기 등급이 절대 등급보다 크다. ( )

(3) 흰색을 띠는 베가는 노란색을 띠는 카펠라보다 표면 온도가 높다. ( )

**2** 그림은 지평 좌표계를 나타낸 것이다. 별 S의 방위각과 고도를 구하시오(단, 방위각은 북쪽을 기준으로 한다.).




**3** 그림은 지구의 공전에 의한 별 S의 위치 변화를 6개월 간격으로 나타낸 것이다. 이 별까지의 거리를 구하시오.




**4** 표는 몇 개의 별에 대한 관측 자료를 나타낸 것이다.

| 별 | 겉보기 등급 | 절대 등급 | 스펙트럼형 |
|---|---|---|---|
| 리겔 | 0.1 | −6.8 | B |
| 베텔게우스 | 0.8 | −5.5 | M |
| 북극성 | 2.1 | −3.7 | F |
| 시리우스 | −1.5 | 1.4 | A |
| 아크투루스 | 0.0 | −0.3 | K |

(1) 우리 눈에 가장 밝게 보이는 별과 실제로 가장 밝은 별은 각각 무엇인가?

(2) 표면 온도가 가장 높은 별은 무엇인가?

(3) 지구에서 가장 가까운 곳에 있는 별은 무엇인가?

**5** 별자리판을 보면 많은 별과 별자리가 표시되어 있으나 태양이나 달, 행성들은 표시되어 있지 않다. 그 이유를 이야기해 보자.

**6** 다음은 어느 날 밤하늘의 별자리를 보면서 철수와 동생이 나눈 대화이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

> 동생: 오빠, 저기 보이는 별자리가 뭐야?
> 철수: 응, 겨울철의 대표 별자리인 오리온자리 같은데.
> 동생: 별들 중에서 두 개는 아주 밝게 보이는데?
> 철수: 그래, 우리 눈에 밝게 보이는 저 별들은 (㉠ ) 등급이 작은 별이란다.
> 동생: 가을철에 볼 때보다 별자리가 서쪽으로 옮겨 간 것 같아.
> 철수: 맞아. 별자리는 (㉡ ) 때문에 매일 조금씩 서쪽으로 이동하지.



**✚참고 자료** 귀가 달린 토성

토성은 이탈리아의 천문학자 갈릴레이에 의해 1610년에 발견되었다. 당시에는 망원경의 성능이 좋지 못했기 때문에 토성은 마치 양쪽에 '귀'가 달린 것처럼 보였다.



❷ 토성

2년 후, 토성의 귀가 사라지자 매우 어리둥절해 했고, 1655년에 네덜란드의 천문학자 하위헌스에 의해 토성의 귀가 사실은 토성의 고리였음이 확인되었다. 토성은 태양 주위를 돌면서 서로 다른 각도에서 다양한 모습의 고리가 보였기 때문에 옆에서 보면 고리가 너무 얇아서 마치 없어진 것처럼 보이는데, 갈릴레이는 이것을 보고 토성의 귀가 없어진 것으로 생각하였다.

## 개념 적용하기

**1** (1) ×

[해설] 별의 거리가 멀수록 연주 시차는 작아지고, 별의 거리가 가까울수록 연주 시차는 커진다.

(2) ○

[해설] 절대 등급은 별이 10 pc 거리에 있다고 가정하고 정한 등급으로서, 별의 실제 거리가 20 pc인 별은 겉보기 등급이 절대 등급보다 크다.

(3) ○

[해설] 별은 표면 온도가 높아짐에 따라 붉은색, 주황색, 노란색, 황백색, 흰색, 청백색, 청색의 순으로 색깔이 나타난다. 따라서 흰색을 띠는 베가는 노란색을 띠는 카펠라보다 표면 온도가 높다.

**2** 방위각: 110˚, 고도: 50˚

[해설] 지평 좌표계에서 방위각은 북쪽을 기준으로 시계 방향으로 잰 각도이므로 110˚가 되고, 고도는 천체를 지나는 수직권을 따라 지평면에서 천체까지 잰 각도이므로 50˚가 된다.

**3** 20파섹

[해설] 이 별의 연주 시차는 $\frac{0.1''}{2}=0.05''$이다. 따라서 별까지의 거리는 20파섹이다.

**4** (1) 우리 눈에 가장 밝게 보이는 별: 시리우스, 실제로 가장 밝은 별: 리겔

[해설] 겉보기 등급이 작은 값을 나타내는 시리우스가 우리 눈에 가장 밝게 보이는 별이고, 절대 등급이 작은 값을 갖는 리겔이 실제로 가장 밝은 별이다.

(2) 리겔

[해설] 표면 온도는 스펙트럼형으로 알 수 있는데, O형 별의 표면 온도가 가장 높고, M형으로 갈수록 표면 온도가 낮다. 표에서는 B형을 갖는 리겔이 표면 온도가 가장 높은 별이다.

(3) 시리우스

[해설] 지구에서 가까운 별을 찾을 때에는 겉보기 등급에서 절대 등급을 뺀 값이 가장 작은 별을 찾으면 된다.

**5** 별들은 하늘에 항상 고정된 위치를 차지하고 있으나, 달과 행성들은 별들 사이를 움직이고 있기 때문이다.

**6** ㉠ 겉보기, ㉡ 지구의 공전

## 개념 적용하기

**7** ④

[해설] 은하수의 모습이 방향에 따라 다르게 보이는 것은 우리 태양계가 은하의 중심에서 벗어난 곳에 있기 때문이다.

**8** ①

[해설] 별의 탄생이 활발한 곳은 나선팔 영역인 A이며, 구상 성단이 가장 잘 관측되는 곳은 헤일로인 C 영역이다.

**9** ⑤

[해설] 우리은하는 나선 은하이므로 타원형의 중심핵을 가지고 있지 않다.

**10** ③

**11** ④

[해설] 우리은하에서 볼 때, 은하 B는 오른쪽으로 15 km/s로 멀어지고, 은하 A는 왼쪽으로 30 km/s로 멀어지므로, 은하 B에서 은하 A를 관측하면 은하 A는 왼쪽으로 45 km/s로 멀어진다.

**12** 정지 궤도

[해설] 방송 통신 위성은 주로 정지 궤도를 이용한다.

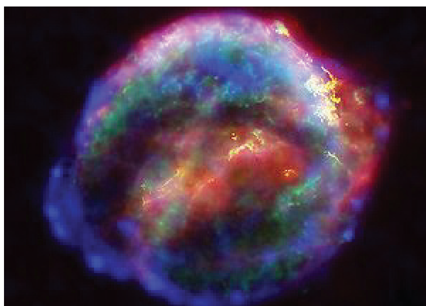
**13** ④



### ❀ 초신성

별들 중에서 매우 큰 별은 진화의 마지막 단계에서 내부가 불안정한 상태로 변하면서 폭발하는데, 이러한 별을 초신성이라고 한다.

17세기까지 관측 기록이 있는 초신성은 7개에 불과하며, 평소의 수억 배까지 밝아지다가 어두워지는데, 이때의 밝기는 은하 전체의 밝기와 맞먹는다. 초신성이 폭발한 후 겉부분은 흩어지고 중심부는 수축하여 중성자별이나 블랙홀이 된다.

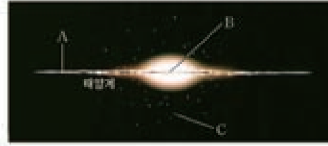


ⓐ 초신성

---

### 개념 적용하기

[7~8] 그림은 우리은하를 옆에서 본 모습이다.




**7** 태양계가 우리은하의 중심이 아닌 곳에 있기 때문에 나타나는 현상으로 알맞은 것은?

① 우리은하가 회전하고 있다.
② 은하 중심부에 핵이 존재한다.
③ 은하 중심에 막대 구조가 존재한다.
④ 은하수의 모습이 방향에 따라 다르다.
⑤ 우리은하가 나선형의 팔을 가지고 있다.

**8** 별의 탄생이 활발한 곳과 구상 성단이 가장 많이 관측되는 곳을 순서대로 옳게 나타낸 것은?

① A, C ② B, A
③ B, C ④ C, A
⑤ C, B

**9** 다음 중 우리은하가 가지고 있지 않은 것은?

① 성간 물질 ② 방출 성운
③ 암흑 성운 ④ 나선형의 팔
⑤ 타원형의 중심핵

**10** 그림은 외부 은하를 형태에 따라 분류한 것이다.



(가) (나) (다)

(가)와 (나)의 분류 기준으로 옳은 것은?

① 은하핵의 유무 ② 나선팔의 유무
③ 막대 구조의 유무 ④ 중심부의 밀집 정도
⑤ 나선팔의 감긴 정도

**11** 그림은 우리은하에서 바라본 외부 은하들의 후퇴 속도를 나타낸 것이다.




B에서 관측할 때 A가 멀어지는 속도는 얼마인가?

① 0 km/s ② 15 km/s
③ 30 km/s ④ 45 km/s
⑤ 90 km/s

**12** 인공위성 중 방송이나 통신에 이용되는 위성은 주로 어떤 궤도를 도는 인공위성인가?

**13** 오늘날 우주 개발의 목적과 거리가 먼 것은?

① 자원의 확보
② 경제적 이익 창출
③ 첨단 기술의 개발
④ 지상의 쓰레기 문제 해결
⑤ 우주에 대한 깊이 있는 이해

356 Ⅷ. 외권과 우주 개발

---

**참고 자료** 나로 우주 센터

전라남도 고흥군 봉래면 하반로 490(예내리 1번지)에 위치하고 있으며, 국가 미래 전략 기술 분야인 우주 개발의 전초 기지이다. 인공위성 발사 및 운용 기술의 확보와 운용을 위해 소형 위성(100 kg) 발사장을 건설하였고, 이후 실용 위성(1.5 t) 발사장으로 확충할 계획이다. 이곳에는 나로호 발사대가 있으며, 액체 추진 기관 성능 시험 및 최종 시험을 담당하는 추진 기관 시험동, 발사체 종합 조립동, 위성 시험동, 고체 모터동으로 이루어진 조립 및 시험 시설, 위성 발사체의 추적 및 실시간 위치 정보를 획득하여 발사체 비행 관련 명령을 송신하는 추적 레이더동, 발사 준비 및 진행을 점검하고 발사를 지휘하는 발사 통제동, 발사 운용에 필요한 안정적인 전원을 공급하는 발전소, 기상 관측 데이터를 취득하는 기상 관측소, 방문객에게 교육 기능을 수행하는 우주 과학관 등이 있다.



ⓐ 나로 우주 센터

## 개념 응용하기

탐구력 기르기

1) 나는 누구일까요?



나는 작은곰자리에 있는 밝은 별이에요. 나의 방위각은 0°이고, 고도는 관측 지점의 위도와 같답니다. 나는 계절이나 시각에 관계없이 항상 같은 위치에서 보이기 때문에 옛날부터 사람들이 길을 찾을 때 나를 길잡이별로 이용했어요.

창의력 키우기

2) 그림은 겨울철 남쪽 하늘에 보이는 별들을 나타낸 것이다. 별들을 기억하기 쉽게 나만의 별자리를 만들고, 별자리를 이용하여 재미있는 이야기를 만들어 보시오.



탐구력 기르기

3) 그림은 우리은하의 일부를 본 모습이다. 이를 무엇이라고 하며, 이에 대한 연구를 통해 알아낸 우리은하의 특징은 무엇인지 쓰시오.



(1) 이름: (                    )
(2) 우리은하의 특징: (                    )

창의력 키우기

4) 만약 외부 은하들의 멀어지는 속도가 현재보다 더 크게 관측된다면 우주의 나이는 현재와 비교했을 때 어떻게 변하게 될지 서술하시오.

과학 글쓰기

5) 전 세계 여러 나라들이 경쟁적으로 우주 개발을 하면서 나타나는 문제점에는 어떤 것들이 있는지 쓰시오.

대단원 마무리 357

## 개념 응용하기

1) 북극성

[해설] 지구의 자전축을 연장하였을 때 북쪽 하늘과 만나는 곳에 북극성이 있다. 북극성은 주위의 다른 별들이 원호를 그리며 일주 운동을 하는 중심에 위치한다.

2) 옛날 사람들은 별들을 잘 기억할 수 있도록 가상의 선으로 연결하여 신이나 영웅, 동물, 사물 등의 모양을 만들어 왔다. 이와 같이 별들을 자유스럽게 연결하여 별자리를 만들고 이야기를 만들어 보자.

3) (1) 은하수, (2) 우리은하는 원반 모양이다.

4) 우주의 나이는 현재보다 작아진다.

[해설] 외부 은하들의 멀어지는 속도가 현재보다 더 크게 관측된다면 은하들이 우리로부터 멀어져간 시간이 작아지므로 우주의 나이가 줄어들게 된다.

5) 우주 쓰레기가 증가하고 있으며, 우주 공간의 불공정한 점유 문제가 발생하고 있다.

[해설] 전 세계 여러 나라의 경쟁적인 우주 개발로 우주 공간에는 우주 쓰레기가 넘쳐나고 있으며, 우주 개발에 뒤늦게 참여한 나라들은 선진국들보다 우주 공간 사용에 있어 많은 제한을 받고 있다.




### 계절별 길잡이 별자리

별자리들은 일주 운동으로 1시간에 약 15° 정도씩 동쪽에서 서쪽으로 이동하고, 연주 운동으로 하루가 지난 후 같은 시각에 별자리는 약 1°씩 서쪽으로 이동한다. 그래서 별자리를 쉽게 찾기 위해서는 길잡이 별이나 길잡이 별자리를 이용하는 것이 좋다. 예로부터 길잡이 별이나 길잡이 별자리는 여행자와 항해자의 길잡이가 되어 왔고, 오늘날에는 천문학자들에게 밤하늘의 지도로 이용되고 있다.

| 방향 및 계절 | 길잡이 별(별자리) |
|---|---|
| 북쪽 하늘 | 큰곰자리의 북두칠성, 카시오페이아자리 |
| 봄 | 목동자리의 아크투루스, 처녀자리의 스피카, 사자자리의 데네볼라 |
| 여름 | 백조자리의 데네브, 거문고자리의 베가, 독수리자리의 알타이르 |
| 가을 | 페가수스의 사각형 |
| 겨울 | 오리온자리의 베텔게우스, 큰개자리의 시리우스, 작은개자리의 프로키온, 황소자리의 알데바란, 마차부자리의 카펠라, 쌍둥이자리의 폴룩스 |

### | 용어 설명 |

**지평 좌표계** 방위각과 고도를 이용하여 천체의 위치를 나타내는 좌표계이다. 관측자를 중심으로 천체의 위치를 나타내므로 사용이 편리하지만, 시간과 장소에 따라 방위각과 고도가 달라지는 단점이 있다.

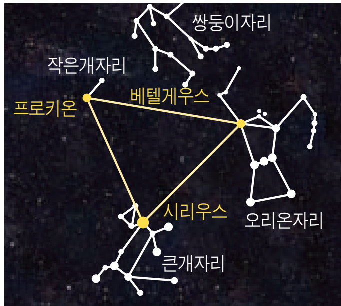
**연주 시차** 지구 공전 궤도의 양 끝에서 6개월 간격으로 별을 관측할 때 별이 천구 상에서 이동한 각거리의 $\frac{1}{2}$이다.

**겉보기 등급** 우리 눈에 보이는 밝기에 따라 정한 별의 등급이다.

**절대 등급** 별이 10 pc의 거리에 있다고 가정했을 때의 밝기 등급이다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 그림은 어느 계절에 남쪽 하늘에서 볼 수 있는 별자리를 나타낸 것이다. 어느 계절의 별자리인지 쓰시오.



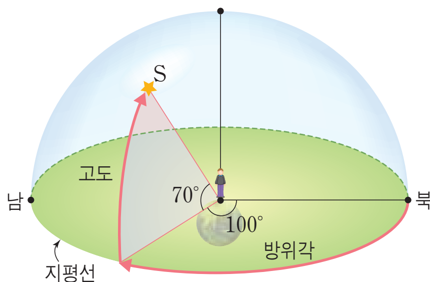

**02** 다음 글은 어느 별을 찾는 방법에 대한 내용이다.

> 밤하늘에서 그 계절의 대표적인 별자리를 찾을 때에는 먼저 북쪽 하늘에서 북두칠성이나 카시오페이아자리를 이용하여 ( ㉠ )을/를 찾는데, 이 별은 ( ㉡ )에 속해 있다.

빈칸에 들어갈 알맞은 말을 옳게 짝지은 것은?

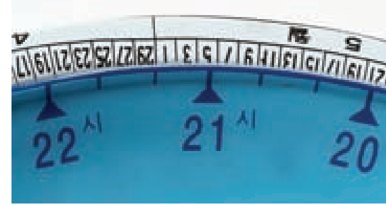
| | ㉠ | ㉡ |
|---|---|---|
| ① | 북극성 | 큰곰자리 |
| ② | 북극성 | 작은곰자리 |
| ③ | 견우성 | 독수리자리 |
| ④ | 견우성 | 거문고자리 |
| ⑤ | 직녀성 | 작은곰자리 |

**03** 그림은 천구 상에 있는 어느 별의 위치를 나타낸 것이다.




이 별의 방위각과 고도를 각각 쓰시오(단, 방위각은 북쪽을 기준으로 한다.).

**04** 그림은 어느 날 별들을 관측하기 위하여 맞추어 놓은 별자리판을 나타낸 것이다.

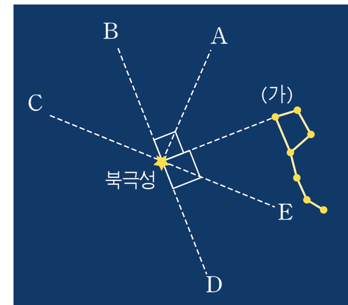



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
>
> ㄱ. 5월 5일 21시에 관측하기 위해 맞춘 것이다.
>
> ㄴ. 회전축의 중심은 북극성이다.
>
> ㄷ. 시간이 지나면 안쪽의 회전판을 시계 방향으로 돌려가면서 관측한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 철수는 어느 날 밤 9시경에 (가) 위치에 있는 북두칠성을 보았다.

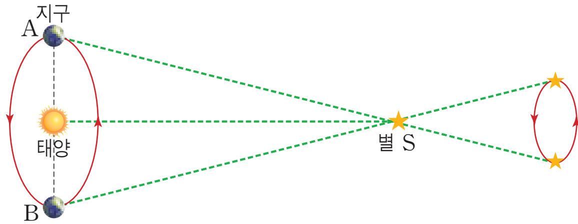



이 날 ㉠<u>자정을 지나 새벽 3시경의 북두칠성의 위치</u>와 ㉡<u>3개월 후 밤 9시경 북두칠성의 위치</u>를 각각 기호로 쓰시오.

**06** 별의 일주 운동과 연주 시차가 나타나는 원인을 옳게 짝지은 것은?

| | 일주 운동 | 연주 시차 |
|---|---|---|
| ① | 지구의 자전 | 지구의 자전 |
| ② | 지구의 자전 | 지구의 공전 |
| ③ | 지구의 공전 | 지구의 자전 |
| ④ | 지구의 공전 | 달의 공전 |
| ⑤ | 달의 공전 | 지구의 공전 |

**07** 그림은 지구에서 별 S를 관측할 때의 위치 변화를 나타낸 것이다.

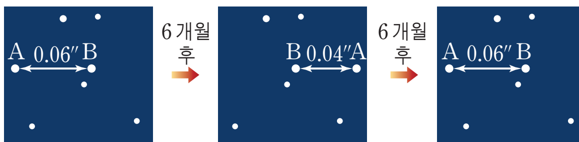



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
> ㄱ. 연주 시차는 ∠ASB이다.
> ㄴ. 연주 시차는 별까지의 거리에 반비례한다.
> ㄷ. 별의 연주 시차를 구하려면 최소 1년의 시간이 걸린다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 6개월 간격으로 별을 관측한 모습을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
> ㄱ. 별 A의 연주 시차는 0.1″이다.
> ㄴ. 별 A까지의 거리는 20 pc이다.
> ㄷ. 별 A의 위치가 달라져 보이는 것은 지구의 공전 때문이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**[09~10]** 표는 여러 가지 별들의 겉보기 등급과 절대 등급을 나타낸 것이다.

| 별 | 겉보기 등급 | 절대 등급 |
|---|---|---|
| 아크투루스 | 0.0 | −0.3 |
| 베텔게우스 | 0.8 | −5.5 |
| 시리우스 | −1.5 | 1.4 |
| 북극성 | 2.1 | −3.7 |

**09** 위 별들 중 ㉠맨눈으로 볼 때 가장 밝은 별과 ㉡실제로 가장 밝은 별을 각각 쓰시오.

**10** 맨눈으로 보았을 때 북극성보다 100배 밝은 별의 겉보기 등급으로 옳은 것은?

① −12.1등급 ② −2.9등급
③ 2.1등급 ④ 7.1등급
⑤ 12.1등급

**11** 우리 눈에 보이는 별의 색이 서로 다른 이유는 어떤 차이 때문인가?

① 별의 질량 ② 별의 크기
③ 별까지의 거리 ④ 별의 생성 시기
⑤ 별의 표면 온도

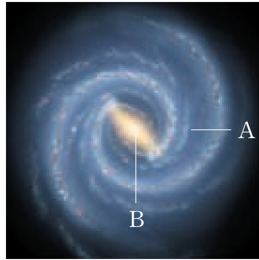
**12** 다음은 여러 별들의 색을 나타낸 것이다.

| 별 | 시리우스 | 베텔게우스 | 스피카 |
|---|---|---|---|
| 색 | 백색 | 적색 | 청백색 |

위 별 중 표면 온도가 가장 높은 별부터 순서대로 옳게 나열한 것은?

① 시리우스 → 베텔게우스 → 스피카
② 시리우스 → 스피카 → 베텔게우스
③ 베텔게우스 → 시리우스 → 스피카
④ 스피카 → 베텔게우스 → 시리우스
⑤ 스피카 → 시리우스 → 베텔게우스

[13~14] 그림은 우리은하의 모습을 나타낸 것이다.




13 우리은하에 대한 설명으로 옳은 것은?

① A는 나선팔이다.
② A에는 오래된 별들이 분포한다.
③ 태양계는 B에 위치한다.
④ 우리은하의 지름은 약 5만 광년이다.
⑤ 우리은하를 옆에서 보면 공과 같은 모양이다.

14 주로 A에 분포하는 천체가 아닌 것은?

① 성간 물질
② 산개 성단
③ 구상 성단
④ 방출 성운
⑤ 암흑 성운

15 그림 (가)는 오리온 대성운, (나)는 말머리성운을 나타낸 것이다.



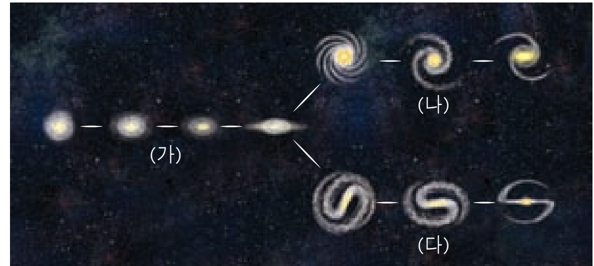

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① (가)는 스스로 빛을 내는 성운이다.
② (가)의 내부에는 고온의 별이 있다.
③ (나)는 차가운 기체로 이루어져 있다.
④ (나)는 멀리서 오는 별빛을 차단한다.
⑤ (가)는 우리은하 밖에 있고, (나)는 우리은하 안에 있다.

16 은하수에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 모든 방향의 하늘에 걸쳐 있다.
② 우리은하가 구형임을 알려준다.
③ 우리가 본 우리은하의 모습이다.
④ 두께가 일정한 띠 모양으로 관측된다.
⑤ 우리 주변에 별이 고르게 분포함을 알려 준다.

[17~18] 그림은 허블의 방법에 따라 외부 은하를 분류한 것이다.



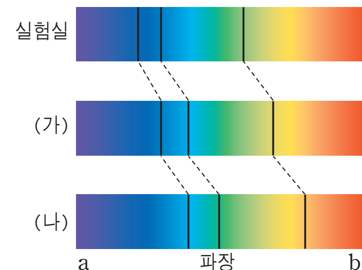

17 허블의 은하 분류 기준으로 적절한 것은?

① 은하들의 모양과 형태
② 우리은하로부터의 거리
③ 은하들의 집단 형성 정도
④ 은하를 이루고 있는 별들의 나이
⑤ 은하를 이루고 있는 별들의 개수

18 (가), (나), (다)의 특징을 옳게 설명한 것은?

① (가)에는 나선팔이 있으나 보이지 않는다.
② (가)에는 비교적 성간 물질이 풍부하다.
③ (나)는 주로 나이가 많은 별들로 이루어져 있다.
④ (다)는 모양이 불규칙한 은하이다.
⑤ 우리은하는 (다)에 속한다.

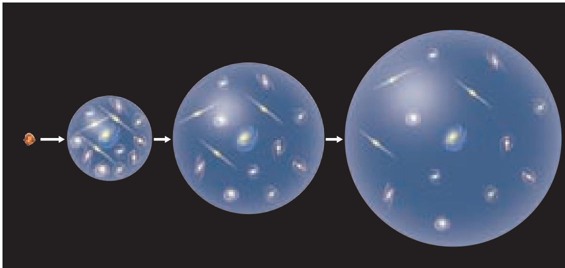
19 그림은 실험실에서 측정한 흡수선과 외부 은하 (가), (나)의 스펙트럼을 비교한 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① a보다 b의 파장이 더 짧다.
② (가)는 청색 편이가 나타난다.
③ (나)는 파장이 짧아졌다.
④ (가)와 (나)는 모두 멀어지고 있다.
⑤ (가)가 (나)보다 더 빠르게 멀어진다.

**20** 그림은 팽창하는 우주의 모습을 나타낸 것이다.



우주의 팽창과 빅뱅 우주론에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 우주는 지금도 팽창하고 있다.
② 우주는 한 점에서 시작되었다.
③ 우주의 나이는 약 137억 년이다.
④ 팽창하는 우주의 중심은 우리은하이다.
⑤ 외부 은하들 사이의 거리는 점점 멀어진다.

**21** 도플러 효과에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 소리는 항상 일정하게 들린다.
② 길이가 긴 줄일수록 고음이 난다.
③ 길이가 짧은 줄일수록 저음이 난다.
④ 다가오는 자동차의 경적 소리는 고음으로 들린다.
⑤ 멀어지는 자동차의 경적 소리는 고음으로 들린다.

**22** 그림은 최초로 달에 착륙한 닐 암스트롱이 달 표면에 남긴 발자국이다. 이 발자국은 아직까지도 달 표면에 그대로 남아 있다. 이를 통해 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?



① 달에는 사람이 살지 않는다.
② 달에는 물이 존재하지 않는다.
③ 달에는 풍화 작용이 일어나지 않는다.
④ 암스트롱 이후로 달에 간 사람은 없다.
⑤ 달에서는 낮과 밤의 온도 차가 심하다.

**23** 우주 개발의 목적으로 적절하지 않은 것은?

① 우주 산업을 발전시킨다.
② 첨단 기술을 발전시킬 수 있다.
③ 군사적으로는 절대 이용하지 않는다.
④ 우리가 사는 지구를 더 잘 이해할 수 있다.
⑤ 기술 수출로 경제적인 이익을 얻을 수 있다.

**24** 그림은 국제 우주 정거장의 모습이다.



이곳에서 진행되는 일과 거리가 먼 것은?

① 지상 발사체의 개발
② 우주 탐사선의 연료 보급
③ 무중력을 이용한 신물질 개발
④ 우주인의 건강 유지 시스템 연구
⑤ 극한 환경에서의 기초 과학 이론 검증

**25** 인류 최초의 인공위성이 성공적으로 발사된 시기와 우리나라의 최초의 우주 발사체가 발사된 시기를 옳게 짝지은 것은?

① 1957년, 1969년
② 1957년, 2009년
③ 1969년, 2009년
④ 1969년, 2012년
⑤ 2009년, 2012년

**26** 인공위성의 용도와 특징에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 통신 위성은 GPS 시스템에 이용된다.
② 기상 위성은 구름이나 수증기의 관측에 이용된다.
③ 항법 위성은 선박이나 비행기의 위치를 알려준다.
④ 과학 위성은 과학 연구를 위한 자료 수집에 이용된다.
⑤ 지구 관측 위성은 자원 탐사나 해양 오염 탐사에 이용된다.

바딘(Bardeen, J. : 1908~1991)



바딘은 미국 출신의 물리학자로서, 노벨 물리학상을 두 번 수상하였다. 반도체 연구 및 트랜지스터 개발로 1956년 윌리엄 쇼클리, 월터 브래튼과 함께 노벨 물리학상을 공동 수상하였다. 또 1972년 초전도 현상을 설명하는 이론을 제시하여 리언 쿠퍼 및 존 슈리퍼와 함께 두 번째 노벨 물리학상을 공동 수상하였다.

트랜지스터는 전류나 전압의 흐름을 조절하여 증폭하거나 스위치 역할을 하는 반도체이다. 트랜지스터의 발명은 반도체 시대를 열어 인류의 역사를 바꾸어 놓았다. 오늘날 컴퓨터를 비롯한 첨단 전자 공학의 대용량 기술 대부분은 반도체의 발달과 관련이 있다.

358

# Ⅷ 과학과 인류 문명

◆ 이 단원에서는

수많은 첨단 과학 기술과 기기들의 발전으로 우리 생활은 점점 편리해지고 있다.

이 단원에서는 이러한 과학의 발전이 인류 문명에 끼친 영향을 여러 가지 사례를 통해 알아보고, 과학이 다른 분야와 통합되거나 융합된 사례에 대하여 조사해 보자. 또한 과학 발전의 역사와 현재 과학 기술의 수준을 바탕으로 미래에 영향을 줄 과학 기술에는 무엇이 있는지 알아보자.

1-1 우리 생활과 첨단 과학

1-2 과학과 기술·공학·예술·수학

1-3 첨단 과학과 미래 생활

1-4 과학이 우리 생활에 미치는 영향

359

## 단원의 개관

학생들은 중학교 ① '과학이란?'에서 과학과 일상생활의 밀접한 관련성과 과학의 유용성을 학습하였다. 현대 사회는 첨단 과학 기술의 사회라고 해도 과언이 아니다. 다양한 첨단 기기들은 인간의 생활을 더욱 편리하게 해 줄 뿐만 아니라 생명을 연장시켜 주기도 한다. 이러한 수많은 첨단 기술과 기기가 과학 원리를 응용한 것이며, 인류에 지대한 영향을 끼친 과학은 다른 분야와 밀접하게 관련되어 있다.

이 단원에서는 우리 생활에 이용되고 있는 첨단 과학의 예를 조사해 보고, 미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지 근거를 제시하여 예측할 수 있게 한다. 다양한 사례를 통해서 과학의 개념과 원리가 기술, 공학, 예술이나 수학 등 과학 이외의 교과와 관련되어 있음을 학습할 수 있도록 한다. 또한 인류가 당면한 에너지나 환경과 같은 과학과 관련된 사회 문제에 대하여 자신의 의견을 과학적 근거를 들어 제시할 수 있게 한다.

## 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 중학교 ① | • 과학이란? |

➡

**이번에 배울 내용**

• 우리 생활과 첨단 과학
• 과학과 기술 · 공학 · 예술 · 수학
• 첨단 과학과 미래 생활
• 과학이 우리 생활에 미치는 영향

➡

**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 과학 | • 정보 통신과 신소재<br>• 인류의 건강과 과학 기술<br>• 에너지와 환경 |
| 고등학교 생명 과학 Ⅱ | • 유전자와 생명 공학 |

## 교육과정

■ 학습 내용 성취 기준

(가) 우리 생활에 이용되고 있는 첨단 과학의 예를 들 수 있다.

(나) 과학 개념과 원리가 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 조사한다.

(다) 과학의 발전 과정에 기초하여 미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지 말하고 그 근거를 제시한다.

(라) 과학이 사회와 문화 예술, 환경 등 우리 생활에 미치는 영향을 안다.

■ 탐구 활동

(가) 첨단 과학과 관련된 기사 조사하여 토론하기

(나) 과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향 토론하기

(다) 미래 생활에 영향을 줄 신기술 조사하여 발표하기

(라) 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합한 사례 조사하기

(마) 첨단 과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향 토론하기

## 단원 지도상의 유의점

1 현재의 첨단 과학 기술뿐만 아니라 다양한 연구 기관에서 연구하고 있는 미래 기술에 대해서 소개하도록 한다.

2 직접 관찰하기 어려운 자료는 사진이나 시청각 자료 등을 활용하도록 한다.

3 생활 주변에서 쉽게 볼 수 있는 기술뿐만 아니라 우리가 무심코 잊고 사는 유용한 기술에 대해서 직접 조사하고 발표해 보도록 한다.

4 자신이 관심 있는 부분에 대하여 좀 더 자세하고 깊이 있는 조사를 함으로써 흥미를 유발하도록 한다.

5 조사와 토론이 많은 단원이므로 자료 검색 조건이 충분히 갖추어진 상황에서 지도하도록 한다.

6 첨단 과학 기술이 우리 생활에 다양한 영향을 미치고 있음을 알게 하고, 이를 통해 진로를 탐색할 수 있도록 한다.

7 과거의 위대한 발견들이 인류 문명을 크게 변화시켰음을 설명해 준다.

8 인류가 발전시킨 대부분의 분야는 과학뿐만 아니라 기술, 공학, 예술, 수학 등과 모두 관련이 있지만, 주로 영향을 많이 받은 두세 가지 분야를 먼저 이해하게 한다.

9 생활 속 전자 기기 등에서 스마트폰과 같은 과학 이외의 분야가 통합된 사례를 제시한다.

10 우리나라에서 세계적인 기술이나 세계 시장에서 점유율이 높은 분야를 소개하여 학생들이 흥미와 자긍심을 갖도록 유도한다.

11 다양한 동영상 자료를 통하여 첨단 과학 기술의 발전에 의한 편리함을 우리 생활의 변화와 함께 설명하도록 한다.

## 참고 자료

■ 참고 도서_교사용

1. KBS 다큐멘터리 과학 카페 2(첨단 과학과 내일)(2008), KBS 과학 카페 제작팀 저, 예담
2. 김수병의 첨단 과학 오디세이(2003), 김수병 저, 해나무

■ 읽을 책_학생용

1. 세계를 바꾼 가장 위대한 101가지 발명품(2006), 한스 요아힘 브라운 저, 김현정 역, 플래닛미디어
2. 과학과 사회 운동 사이에서(2009), 존 벡위드 저, 이영희 외 2역, 그린비

■ 시청각 자료_internet

1. 교육 과학 기술부: http://www.mest.go.kr
2. 한국 과학 기술원: http://www.kaist.ac.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 대단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ⅷ 과학과 인류 문명 | 1 우리 생활과 첨단 과학 | 11 | 1~3 /12차시 | • 과학 기술의 발전과 혁신<br>• 탐구 활동: 과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향<br>• 첨단 과학의 현재<br>• 탐구 활동: 첨단 과학과 관련된 기사 조사 및 토론 |
| | 2 과학과 기술 · 공학 · 예술 · 수학 | | 4~6 /12차시 | • 탐구 활동: 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합한 사례<br>• 과학과 기술 · 공학<br>• 과학과 예술<br>• 과학과 수학<br>• STEAM: 힐베르트의 23가지 문제 |
| | 3 첨단 과학과 미래 생활 | | 7~9 /12차시 | • 과학의 발전과 전망<br>• 탐구 활동: 미래 생활에 영향을 줄 신기술<br>• 첨단 과학과 깨끗한 생활<br>• 첨단 과학과 풍요로운 생활<br>• 첨단 과학과 건강한 생활<br>• 첨단 과학과 편리한 생활<br>• STEAM: 생명의 마술, 생명 공학자 |
| | 4 과학이 우리 생활에 미치는 영향 | | 10~11 /12차시 | • 탐구 활동: 과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향<br>• 과학이 우리에게 미치는 영향<br>• 과학의 발전과 우리의 자세 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 12 /12차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 조사<br>토의 | • 과거의 기술 혁신에 대하여 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 과학의 발전이 인류 문명에 끼친 영향을 설명할 수 있는지 보고서법과 토론법으로 평가한다.<br>• 첨단 과학과 관련된 기사에 대하여 조사한 내용을 발표해 보도록 하고, 첨단 과학으로 바뀐 우리의 생활을 말할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 첨단 과학의 현재에 대하여 말할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 362～369 | 408～415 |
| 조사<br>토의 | • 과학과 기술 · 공학, 과학과 예술, 과학과 수학이 통합된 사례를 통해 과학이 다른 영역과 통합되어 나타나는 부분들을 조사하여 발표하는 능력을 관찰법으로 평가한다.<br>• 과학과 기술, 공학, 예술, 수학 등이 복합적으로 통합된 사례를 조사하여 발표하고 토론하는 능력을 관찰법과 토론법으로 평가한다. | 370～377 | 416～423 |
| 조사<br>발표 | • 미래 생활에 영향을 줄 신기술을 조사하여 발표하는 능력을 관찰법으로 평가한다.<br>• 첨단 과학과 깨끗한 생활, 풍요로운 생활, 건강한 생활, 편리한 생활에 대한 미래 모습을 상상하여 발표하는 능력을 관찰법으로 평가한다. | 378～385 | 424～431 |
| 조사<br>토의 | • 과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향에 대하여 발표하고 토론하는 능력을 토론법으로 평가한다.<br>• 과학의 발전과 관련하여 사회적 쟁점이 되고 있는 사례들을 조사하여 발표하는 능력을 관찰법으로 평가한다. | 386～391 | 432～437 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 392～393 | 438～439 |

# 1-1 우리 생활과 첨단 과학

### 학습 내용 안내

(1) 우리 생활에 이용되는 첨단 과학의 예를 안다.

(2) 다양한 분야의 첨단 과학 사례를 통해 첨단 과학이 인류 문명에 주는 영향을 안다.

### 학습 전개

과거의 기술 혁신이 인류에게 가져온 변화에 대하여 살펴보게 한다.



과학 기술 혁신이 인류에게 미친 영향을 조사하고 정리하게 한다.



첨단 과학과 관련된 기사를 조사하여 토론하도록 한다.



다양한 분야의 첨단 과학이 우리 생활에 미친 영향을 설명하게 한다.



## 1-1 우리 생활과 첨단 과학

**학습 목표**

• 우리 생활에 이용되는 첨단 과학의 예를 설명할 수 있다.

컴퓨터, 인터넷, 반도체, 로봇, 스마트폰 등 첨단 과학에 의한 혁신적인 제품들은 오늘날 우리 생활을 획기적으로 변화시키고 있다. 예를 들어 인터넷은 실생활에서 수많은 정보를 손쉽게 접할 수 있게 해 주었고, 첨단 의료 기기의 발전은 난치병의 치료를 가능하게 하고 있다.

그 밖에도 우리 생활을 변화시키고 있는 첨단 과학에는 어떤 것이 있을까?

### 과학 기술의 발전과 혁신

인류 최초의 기술 혁신은 불의 발견이다. 불의 발견으로 인간은 일정한 장소에 모이기 시작하였고, 공동 사회를 형성하게 되었다. 또한 불을 이용하여 음식물을 익혀 먹기 시작하면서 기생충에 감염될 확률이 줄어들어 더욱 건강한 삶을 이어 갈 수 있었다.

나아가 불은 여러 가지 과학 기술 발전의 원천이 되었다. 예를 들어 음식물을 조리하거나 보관하기 위해 사용된 점토 용기는 불에 구우면 더 단단해진다는 경험을 통해 물질의 고온 처리 기술을 습득하게 되었고, 이것은 금속 가공 기술과 연결되어 금속 시대를 여는 실마리가 되었다.

그렇다면 불의 발견 이후 인류 문명에 큰 영향을 끼친 과학 기술에는 어떤 것이 있을까?



그림 Ⅷ-1 인류와 불_ 불의 발견으로 인류의 생활에 많은 변화가 생기게 되었다.



### 과학 돋보기

**불의 발견에 버금가는 중요한 사건들**

(1) **신석기 혁명** 이전 시대와는 다른 신석기 시대의 농경 문화를 나타내는 말로서, 1936년에 오스트레일리아 태생의 영국 고고학자인 고든 차일드가 처음 제기한 개념이다. 이전에 수렵과 채집에만 의존하던 인류가 농경이라는 전혀 새로운 방식의 생산 양식을 발명함으로써 여러 가지 사회적·문화적 발전을 이루었다는 시각을 나타낸다. 고든 차일드는 농경의 시작을 하나의 혁명적 사건이라는 뜻에서 '신석기 혁명'이라고 표현하였다.

(2) **바퀴의 발명** 회전을 목적으로 축에 둥근 모양의 물체를 장치한 것을 바퀴라고 한다. 세계에서 가장 오래된 바퀴는 메소포타미아의 유적에서 발굴된 전차용 바퀴로서, B.C. 3500년경의 것으로 추정된다. 이것은 통나무를 둥글게 자른 원판 바퀴였는데, 이후 바퀴살이 있는 바퀴가 출현하면서 육상 교통이 급속히 발달하였다. 바퀴살의 수는 시대에 따라 점차 증가하였고, 바퀴의 재료도 처음에 목재에서 금속과 고무로 발달하였다.

**찾아보기**

- 한국 방송 공사 과학 카페 http://www.kbs.co.kr/1tv/sisa/science
- NBIC 국가 융합 기술 지도(2011), 교육 과학 기술부
- 과학사 100장면(2011), 김태관 외 1저, 문평윤 그림, 대원 키즈
- 세계사를 바꾼 위대한 발명들(2010), 헬레인 베커 저, 스티브 아토 그림, 하정임 역, 다른
- 인류사를 바꾼 100대 과학 사건, 이정임 저, 학민사
- 과학 사건 WHY(2008), 박상욱 저, 예림당
- 테크놀로지의 세계 1(2010), 미래를 준비하는 기술 교사 모임 저, 랜덤하우스 코리아



## 탐구 활동 과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향 조사, 토론

**목·표**

과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향을 조사하고, 이에 대해 토론할 수 있다.

**준·비·물**

인터넷 검색이 가능한 기기, 신문, 서적 등

**과정**

다음은 인류가 이루어 낸 과학 기술 혁신의 몇 가지 예이다.



철의 발견 / 반도체의 발명 / 증기 기관의 발명 / 현미경의 발명

❶ 위의 내용을 참고하여 과학 기술의 혁신 사례를 조사하고 모둠별로 주제를 정한다.

❷ 각 모둠에서 선정한 과학 기술이 인류 문명에 끼친 영향을 인터넷, 신문, 서적 등을 이용하여 조사한다.

**결과**

각자 조사한 내용을 바탕으로 모둠별로 과학 기술이 인류 문명에 끼친 긍정적인 영향과 부정적인 영향에 대하여 토론해 보자.

주제:

**해석** 창의 · 인성

모둠에서 조사한 과학 기술이 없었다면 인류의 생활은 현재와 어떻게 달라졌을지 토론해 보자.





## 탐구 활동 조사, 토론

### 목표

과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향을 조사하고, 이에 대해 토론할 수 있다.

### 원리 설명

과학 기술 혁신은 여러 분야에서 이루어지고 있으므로 이에 대하여 조사하고 토론해 볼 수 있다.

### 유의점

1 주로 열린 질문을 하도록 하고, 한쪽에 치우친 견해를 가지지 않도록 한다.

2 검색을 통한 조사 내용을 자신의 견해로 판단하게 하여 창의 · 인성 활동이 되도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 인터넷 검색이 가능하거나 다양한 서적이 갖춰진 환경에서 수업을 진행하도록 한다.

2 각자 관심 있는 분야를 중심으로 모둠을 형성할 수도 있다.

### 결과

예시_ 주제: 반도체의 발명이 인류 문명에 끼친 영향

진공관으로 구성된 컴퓨터는 부피가 너무 크고, 제작하는 과정에서 많은 비용이 들었다. 하지만 접합 트랜지스터를 사용한 반도체의 발명으로 컴퓨터는 전보다 가격이 저렴해졌으며, 다양한 전자 제품을 만들어 낼 수 있게 되었다. 지금은 비행기, 자동차, 컴퓨터, 전화, 인터넷 등 우리 생활과 관련된 많은 부분에서 반도체가 이용되고 있다.

### 해석 | 창의 · 인성

예시_ 반도체의 발명이 없었다면 전기 전자 제품은 많은 진공관으로 연결되어야 하므로 크기가 매우 커졌을 것이다. 이동성이 있는 전자 제품은 만들기 어려웠을 것이며, 건물의 몇 층을 차지했던 엄청난 크기의 초기 컴퓨터 모델에서 벗어나지 못했을 것이다. 또한 전자 기기의 발달로 가능했던 세계와의 교류도 힘들었을 것이기 때문에 폐쇄적인 문화와 역사가 계속 유지되었을 것이다. 이 경우에는 다양한 답이 나와 창의성이 신장되도록 지도할 수 있다.

### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 모둠에서 선정한 과학 기술이 인류 문명에 끼친 영향에 대해 잘 조사하여 발표하였는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 모둠별 활동에 적극적으로 참여하였는가? | □ | □ | □ |
| | 3. 다른 모둠의 발표를 잘 듣고 토론의 진행이 쉽게 이루어졌는가? | □ | □ | □ |
| 해석 | 모둠이 제출한 보고서 내용의 논리 전개가 타당하게 이루어졌는가? | □ | □ | □ |



## 역사 속의 과학



### ❀ 청동기 시대

무기나 생산 도구를 청동으로 만들어 사용한 시대이다. 우리나라는 기원전 10세기경부터 청동기 시대가 시작되어 기원전 4세기경에는 독자적인 청동기 문화를 이룩하였으며, 청동기의 보급으로 생산 경제가 이전보다 발달하였다. 유물에는 반달 돌칼, 바퀴날 도끼, 홈자귀 등의 석기와 비파형 동검, 거친무늬 거울 등의 청동기 그리고 미송리식 토기, 민무늬 토기, 붉은 간 토기 등의 토기가 있다.

이러한 유물은 청동기 시대의 집터를 비롯하여 고인돌, 돌널무덤, 돌무지무덤 등 당시의 무덤에서 나오고 있다. 대표적인 유물인 비파형 동검은 만주에서부터 한반도 전역에 걸쳐 발견되고 있다. 토기로는 민무늬 토기가 대표적인데, 주로 편평한 원통 모양의 화분형과 밑바닥이 좁은 팽이형이 기본적인 모양이며 적갈색을 나타낸다.

### ❀ 철기 시대

철은 인류가 도시나 국가를 형성하는 문명 단계에 이르러서 청동기를 잇는 새로운 금속으로 등장하였다. 철은 청동에 비해 원료가 세계 각지에 널리 분포되어 있어서 철을 얻는 기술만 있으면 생산이 용이했다. 인류가 최초로 철을 이용한 것은 기원전 4000년대 이집트에서 만들어진 철제 구슬로 알려져 있다. 이것은 자연 그대로의 철을 두드려 만든 것으로 본격적인 철의 생산은 서남아시아의 아나토리아(Anatoria) 지방에서 시작되었다고 한다. 철은 청동보다 강도가 높아서 철로 만든 물건들은 청동기로 만든 물건보다 더 단단하고 강하였으며, 인류는 점차 청동기 시대를 마감하고 철기 시대를 확장시켰다.

### ❀ 부르즈 할리파

2010년에 개장한 세계 최고층 건물로서, 우리나라 회사가 건설에 참여하였다. 162층으로 높이는 828 m이고, 아랍 에미리트 두바이에 있다.

철의 발견 이후 인류는 철기 시대를 거치면서 문명을 더욱 획기적으로 발전시킬 수 있었다. 돌을 이용하던 인간이 철과 같은 금속을 발견하고 이를 활용할 수 있게 된 것은 마술과도 같은 놀라운 변화였다. 철은 강하면서도 돌과 달리 모양을 쉽게 변화시킬 수 있어서 무기, 농기구, 그릇, 장신구 등 다양한 용도로 사용되었다. 또한 철을 많이 보유하고 이를 더욱 다양하게 이용한 민족은 생산력과 군사력이 향상되어 다른 민족을 지배할 수 있었다. 당시에는 철을 다루는 기술이 첨단 과학이었으며, 민족의 운명을 결정할 수 있었다.

오늘날에도 철은 건축물을 지을 때 필수적으로 사용되며, 자동차나 기계 장치를 비롯하여 각종 생활용품, 사무기기 등 매우 다양한 곳에서 중요한 재료로 사용되고 있다.

철의 사용 이후에도 인류는 끊임없이 다양한 분야에서 과학 기술의 혁신을 이루어 냈다. 예를 들어 16세기 후반에 발명된 현미경은 세포와 같이 맨눈으로 볼 수 없는 아주 작은 물체나 물질들을 볼 수 있게 하여 생물학, 의학 등의 연구를 한 차원 높이는 데 매우 중요한 역할을 하였다. 또 18세기 후반에 발명된 증기 기관은 사람이나 가축의 힘, 풍력, 수력 등 자연적인 동력을 대신하여 제품의 대량 생산을 가능하게 하였고, 운송 수단의 혁신을 일으켜 산업 혁명의 원동력이 되었다.



그림 Ⅶ-2 부르즈 할리파_ 두바이에 있는 세계 최고층 건물로서, 과학적인 공법을 적용한 대표적인 건축물이다. 총 162층이며, 전체 높이는 828 m이다.

#### 첨단 과학의 현재

20세기에 들어와서는 DNA의 입체 구조가 밝혀짐에 따라 생명 공학의 발전이 가속화되었고, 우주 탐사선이나 인공위성 등을 이용한 우주 개발이 본격화되었다. 또 반도체 산업의 발전으로 정보화 사회가 실현되는 등 헤아릴 수 없이 많은 과학 기술의 혁신이 이루어지고 있다.

이러한 첨단 과학 기술에 의해 우리 생활은 어떻게 변하고 있는지 알아보자.



그림 Ⅶ-3 왓슨과 크릭_ 왓슨과 크릭은 DNA의 입체 구조가 2중 나선 구조라는 사실을 최초로 밝혀냄으로써 생명 공학의 발전에 큰 기여를 하였다.

**참고 자료** 현미경의 발명

네덜란드의 레이우엔훅(Leeuwenhoek, A. van)은 최초로 대물렌즈와 오목 렌즈를 사용한 현미경을 만들었다. 이 현미경은 배율이 300배 정도였다. 레이우엔훅은 이 현미경을 이용하여 원생동물과 세균, 담수성 조류 등의 미생물과 인간의 정자, 물고기의 적혈구 등을 관찰하고 기록하였다. 이때부터 우리가 그 동안 알지 못했던 미생물의 시대가 열리게 되었다.



레이우엔훅

1930년대에 독일의 루스카(Ruska, E.)와 크놀(Knoll, M.)이 투과 전자 현미경을 만드는 데 성공하였다. 전자 현미경의 발명은 세포의 미세 구조를 관찰하기 위한 표본 제작 기술이 소개되면서 광학 현미경으로 볼 수 없었던 골지체, 리보솜, 미토콘드리아, 중심립 등 아주 작은 세포 소기관을 관찰할 수 있게 하였다. 또한 이전에 논란의 대상이었던 핵막의 2중막 구조나 세포막의 2중막 구조를 정립할 수 있는 계기를 마련하였다.

 탐구 활동 | 첨단 과학과 관련된 기사 조사 및 토론 | 조사, 토론

목·표

첨단 과학과 관련된 기사를 찾아보고 그로부터 변화된 우리 생활의 모습을 말할 수 있다.

준·비·물

인터넷 검색이 가능한 기기, 신문, 서적 등



과정

다음은 첨단 과학과 관련된 기사이다.

**로봇 재활 치료 시스템**

첨단 과학이 의학과 만나면서 치료 효과가 배가되어 주목을 받고 있다. 국내의 한 뇌졸중 재활 병원에서는 로봇 재활 치료 시스템을 구축했다. 로봇 재활 치료는 환자의 운동 능력을 실시간으로 감지하여 환자의 특성에 맞게 재활 훈련을 할 수 있도록 지원하는 신개념 로봇 재활 시스템이다.

로봇 재활 치료는 치료 과정과 결과에 대한 정량적 분석, 지속적인 반복을 통한 기능 회복, 피드백 자료 제공, 독립적인 소아 프로그램 제공, 치료를 위한 짧은 준비 기간, 올바른 운동 유도 등의 장점을 가지고 있다. 특히 뇌졸중, 뇌성 마비, 외상성 뇌 손상, 척추 손상, 파킨슨 병 등의 치료에 적용하면 재활 효과가 높아진다. – '○○신문' (2012. 02. 14)



❶ 보행 재활 훈련 로봇



결과

1 인터넷이나 신문, 서적을 통하여 로봇 재활 치료에 대하여 자세히 조사해 보자.

2 주변에서 로봇 기술이 적용된 다양한 예를 찾아보고, 로봇 기술의 발전이 우리 생활에 어떤 영향을 미칠지 토론해 보자.



해석 창의 · 인성

1 첨단 과학과 관련된 또 다른 기사를 찾아 정리해 보자.

2 여러 가지 첨단 과학이 우리 생활에 어떤 영향을 주게 될지 토론해 보자.

1. 우리 생활과 첨단 과학 365

##  탐구 활동 (조사, 토론)

### 목표

첨단 과학과 관련된 기사를 찾아보고 그로부터 변화된 우리 생활의 모습을 말할 수 있다.

### 유의점

1 정답이 없는 탐구이므로 주로 열린 질문을 하도록 하고, 한쪽에 치우친 견해를 가지지 않도록 한다.

2 인터넷이나 신문, 서적 등을 통해 조사한 내용을 자신의 견해로 판단하게 하여 창의 · 인성 활동이 되도록 한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 인터넷 검색이 가능하거나 서적이 갖춰진 환경에서 수업을 진행하도록 한다.

2 로봇 재활 치료는 의학 분야에서 이루어지는 것이므로 의학이나 병원과 관계된 참고 자료를 활용할 수 있도록 한다.

### 결과

1 로봇 재활 치료는 보행이 불편한 환자를 위해 이루어진다. 로봇 보행 재활 시스템은 로봇 자세 제어 장치에 환자의 몸 상태를 적용하여 미리 프로그램된 정상적인 생리적 보행 양식에 따라 환자의 다리 움직임을 유도해 줌으로써 맞춤형 보행 훈련이 가능하도록 하는 치료이다. 최근 뇌졸중이나 척수 손상 등 신경 계통에 손상이 있는 환자들이 로봇 재활 치료 후 보행 기능이 향상되고, 대뇌 겉질의 활성에 변화가 오는 등의 치료 효과가 보고되고 있다.

2 예시_ 우리 생활에서 로봇은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 가사용 로봇으로 청소 로봇, 집사 로봇, 실외 관리 로봇 등이 있고, 노인 치매 예방과 치료를 담당하는 로봇, 건강 상태를 확인하는 생활 건강 로봇도 있으며, 취미 생활을 지원하는 로봇도 있다. 이처럼 로봇의 이용은 우리 생활을 편리하게 해 줄 것이다.

### 해석 | 창의 · 인성

1 예시_ '살아 있는 바다, 숨쉬는 연안'이라는 주제로 열린 여수 세계 박람회에 로봇 물고기가 등장하여 시선을 끌고 있다. fish(물고기)와 robot(로봇)을 합쳐 '피로(firo)'라고 불리는 이 로봇은 물속을 헤엄쳐 다니며 스스로 장애물을 감지해 피하는 능력을 갖췄다. 또 이 로봇에는 수질, 온도, 염도, 오염원을 측정할 수 있는 센서가 부착되어 있으며, GPS 기능이 탑재된 스마트폰을 통해 위치 정보와 측정 데이터를 전달한다. 이 로봇을 활용하면 수질을 실시간으로 감시할 수 있게 될 것이다.

– "○○신문"(2012. 05. 03)

2 예시_ 가정용 로봇이 일손을 덜어 주고, 태양 에너지를 자동차와 가정 난방의 원료로 사용하게 될 것이다. 또 우주선을 타고 태양계의 행성과 위성을 여행하는 일이 가능해질 것이며, 바닷속의 여러 가지 자원을 이용하고, 바닷속을 체험할 수 있는 도시가 만들어질 것이다.

잠깐 체크

예시_ 언제 어디서나 은행 업무, 인터넷 쇼핑, 인터넷의 활용 등이 가능해졌다.



❀ 첨단 과학 기술의 예

(1) **정보 통신 기술(IT)** IT는 정보를 생성 · 도출 · 가공 · 전송 · 저장하는 모든 유통 과정에서 필요한 기술로서, 정보 통신 산업의 발전과 함께 정보 혁명을 주도하는 기술이다. 현재 우리나라의 IT 분야는 세계 최고의 국제 경쟁력을 갖고 있다. IT는 21세기 정보화 사회에 필수적인 기술일 뿐만 아니라 기술의 부가 가치 및 경제적 · 사회적 파급 효과도 커서 매우 중요한 산업 분야이다.

(2) **생명 공학 기술(BT)** BT는 생명 현상을 일으키는 생체나 생체 유래 물질 또는 생물학적 시스템을 이용하여 산업적으로 유용한 제품을 제조하거나 공정을 개선하는 기술이다. BT에는 유전자 재조합 기술, 핵이식 기술, 세포 융합 기술 등이 있다. BT는 현대 사회에서 무병장수의 문제와 식량 문제를 해결하는 데 필수적인 기술이다.

(3) **나노 기술(NT)** NT는 물질을 원자와 분자 크기의 수준에서 조작 · 분석하고, 이를 제어할 수 있는 과학과 기술을 총칭하는 말이다. NT는 과학 기술의 새로운 영역을 창출하거나 기존 제품을 고성능화하기 위해 필요한 기술로서, IT, BT와 함께 21세기의 신산업 혁명을 주도할 핵심 기술로 인정받고 있다. IT, BT, ET 관련 신산업은 물론 거의 모든 산업의 핵심 기술인 NT는 국제적으로도 아직 개발 초기 단계이고, IT와 BT의 기반이 되는 것으로 기술적 · 산업적 파급 효과가 클 것으로 전망되고 있다.

e-러닝
인터넷이나 인트라넷을 통한 전자 학습을 말한다.

우리는 아침에 스마트폰의 알람 소리로 잠에서 깨어나고, 스마트폰으로 일정을 확인하며, 버스 도착 시간을 확인할 수 있다. 또 이동 중에는 전자책을 보거나 어학 공부를 하기도 하고 음악을 듣거나 동영상을 시청하기도 한다. 이 밖에도 스마트폰은 매우 다양하게 활용되고 있다.

태블릿 PC는 키보드 없이 손가락 또는 전자 펜을 이용하여 직접 화면에 정보를 입력하거나 프로그램을 실행할 수 있는 휴대용 컴퓨터이다. 태블릿 PC는 개인용 PC로 사용될 뿐만 아니라 무선 인터넷과 결합하여 e-러닝 서비스를 받는 데 이용되기도 한다. 또 이동 중인 의사가 멀리 떨어져 있는 환자의 상태를 진찰하는 데 이용되기도 하는 등 활용 분야가 넓다.

이와 같은 다양한 정보 통신 기기의 혁신은 컴퓨터, 소프트웨어, 멀티미디어 등의 정보 기술과 초고속 인터넷, 이동 통신, 네트워크 등의 통신 기술이 융합하여 발전한 결과이며, 학교, 사무실, 병원, 가정 등 생활 곳곳에서 다양한 변화를 일으키고 있다.

잠깐 체크 스마트폰의 사용으로 과거와 달라진 생활 모습에는 어떤 것이 있는가?

❸ 그림 Ⅷ-4 첨단 기술의 예




정보를 만들고 전송하며, 저장하는 모든 유통 과정에 필요한 기술

생명 현상이나 생물 기능 그 자체를 인위적으로 조작하는 기술

물질을 원자나 분자 크기의 수준까지 조작, 분석, 제어할 수 있는 기술

디지털 미디어에 기반한 첨단 문화 예술 산업을 발전시키기 위한 기술

환경오염을 줄이거나 예방, 복원하는 청정 기술, 에너지 기술, 해양 환경 기술

위성체, 발사체, 항공기 등의 개발과 관련된 복합 기술

366 Ⅷ. 과학과 인류 문명

(4) **문화 콘텐츠 기술(CT)** CT는 디지털 미디어에 기반한 첨단 문화 예술 산업을 발전시키기 위한 기술을 총칭하는 말이다. 최근 인터넷의 활성화와 디지털 기술의 발전으로 디지털 콘텐츠의 수요가 급증하고 있다. CT는 향후 고부가 가치 산업으로 성장 가능성이 큰 디지털 미디어에 기반한 첨단 문화 예술 산업을 발전시키는 데 필수적인 기술로서, 기술 · 지식 집약적 산업이라는 특성 때문에 우리 민족의 창의력을 극대화할 수 있는 기술로 전망되고 있다.

(5) **환경 공학 기술(ET)** ET는 환경오염을 줄이거나 예방하고 복원하는 기술로서, 환경 기술, 청정 기술, 에너지 기술 및 해양 환경 기술 등을 포함한다. 과학 문명이 고도로 발전하고 있는 현대 사회에서 인류는 쾌적한 삶에 대한 욕구가 증대하고 있다. 또한 환경 문제의 경우 개별 국가만의 문제가 아니라 인접 국가에 미치는 영향도 큰 점을 고려할 때 환경 관련 무역 규제 기준 마련 등 ET에 대한 수요는 계속 증대할 것이다.

(6) **우주 항공 기술(ST)** ST는 위성체, 발사체, 항공기 등의 개발과 관련된 복합 기술이다. 전자, 반도체, 컴퓨터, 소재 등과 관련된 첨단 기술을 기반으로 하는 시스템 기술로서, 기술 개발 결과가 다른 분야에 미치는 효과가 매우 큰 종합 기술로 인정받고 있다.

생명 과학의 발전은 획기적인 식량 증산과 의학 발전을 통한 건강 증진, 수명 연장을 가능하게 해 주었고 관련 사업의 발전을 통해 우리 생활을 지속적으로 변화시키고 있다. 예를 들어 유전자 치료법은 비정상 유전자를 정상 유전자로 교체하여 불치병의 근본적인 치료를 가능하게 해 주었으며, 유전자 면역 요법을 통해 정상 면역 기능을 갖도록 하여 수명을 연장시켜 주었다.

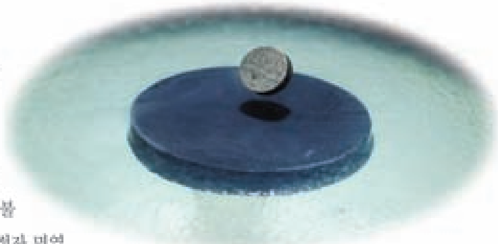


그림 Ⅷ-5 초전도 현상_ 특정 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 현상이다.

신소재의 발견이나 제조 또한 기술 혁신에서 매우 중요한 분야이다. 예를 들어 특정 온도 이하에서 저항이 0이 되는 물질인 초전도체를 사용하면 매우 강력한 전자석을 만들 수 있다. 이는 연구실에서 물질을 분석하거나 병원에서 질병을 진단하는 자기 공명 영상(MRI) 장치에 이용되고 있다. 이 밖에도 파인 세라믹스, 엔지니어링 플라스틱, 광섬유와 같은 신소재가 있다.

액정 디스플레이(LCD)나 발광 다이오드(LED)와 같은 영상 표현 장치는 전기 - 전자 제품을 더욱 발전시키고 있다. 액정은 고체와 액체의 중간 성질을 갖는 물질로서, 온도나 전압에 의해 분자의 배열과 색이 달라지는 특징을 지닌다. 액정 디스플레이는 소비 전력이 적고 휴대가 편리하여 오늘날 텔레비전이나 컴퓨터, 휴대 전화 등 대부분의 영상 표현 장치에 활용되고 있다. 우리나라는 세계 최고의 액정 디스플레이 기술을 보유하고 있어 세계 시장을 주도하고 있다.

반도체를 이용하여 빛을 내는 발광 다이오드는 에너지 효율이 높아 같은 전력으로도 훨씬 밝은 전등을 만들 수 있어 각종 전원 표시등에 많이 사용되며, 교통 신호등이나 가로등에도 사용되고 있다. 또 유기물을 이용하여 빛을 내는 유기 발광 다이오드(OLED)는 두께를 얇게 만들 수 있어서 다양한 장치에 널리 쓰인다.



그림 Ⅷ-6 발광 다이오드



그림 Ⅷ-7 자기 공명 영상(MRI) 장치



그림 Ⅷ-8 액정을 이용한 태블릿 PC



그림 Ⅷ-9 발광 다이오드를 이용한 전등

1. 우리 생활과 첨단 과학 367

### ❀ 발광 다이오드(LED)

발광 다이오드는 소자에 전기를 가하면 소자를 구성하는 원자 내부의 핵 주위를 돌고 있던 전자가 핵에 가까운 궤도로 내려가는데, 이때 궤도 간 에너지 차이만큼을 빛으로 방출하게 되는 원리를 이용한 것이다. 스스로 빛나는 형광체이기 때문에 수은 등의 방전용 가스를 사용하지 않아 친환경적이고, 기존 전구에 비해 열 배 이상 오래가면서도 소비 전력이 백열전구의 약 $\frac{1}{10}$에 불과한 저전력의 광원이다.

### ❀ 유기 발광 다이오드(OLED)

유기 중합체 물질을 LED 내의 반도체 물질로 사용하고 있다. 중합체는 천연이나 인공 합성 물질이 될 수 있으며, 크기가 아주 크거나 작을 수 있다. 잘 알려진 유기 중합체에는 단백질과 DNA 등이 있다. OLED 디스플레이는 휴대 전화, 디지털카메라, DVD 플레이어, PDA, 노트북 컴퓨터, 카스테레오, 텔레비전 등 다양한 기기에 사용될 수 있다. OLED 디스플레이는 역광 조명이 필요하지 않으므로 기기를 더 얇고 가볍게 만들 수 있으며, 밝은 빛에서도 최대 160도 정도의 넓은 가시 각도를 가지기 때문에 2~10 V 정도의 전원만으로도 동작할 수 있다.




### ❀ 유전자 치료 요법

1990년 미국 국립 보건원의 한 연구팀에 의해 결손 유전자의 교정을 통한 질병 치료법 즉, 유전자 치료 요법이 처음으로 임상 수준에서 시행되었다.

유전자 치료 요법이란 DNA 재조합 방법을 이용하여 새로운 유전자 또는 유전 물질을 환자의 세포 안으로 주입시켜 유전자 결함을 교정하거나, 세포에 새로운 기능을 추가시키는 치료법이다. 이처럼 인체 세포의 유전적 변형을 통해 암, 감염성 질병, 자가 면역 질환과 같은 모든 유전적 결함을 예방하거나 치료하는 것이 가능하다. 또한 최근에는 이와 같은 유전자 요법의 개념이 확장되어 자손에게 전달되는 선천성 유전병뿐만 아니라 에이즈(AIDS)와 같은 후천성 질병의 치료에도 적용되고 있다.

### ❀ 초전도체

초전도체는 아주 낮은 온도에서 전기의 흐름을 방해하는 전기 저항이 완전히 없어지는 물질로서, 전기 저항이 0이 되면 많은 전류가 흐를 수 있게 되므로 실용화될 경우 에너지 손실이 없는 송전이 가능해진다. 초전도체를 처음 발견한 사람은 네덜란드의 물리학 교수 카멜린 온네스이다. 그는 1911년 헬륨 가스를 액화하는 데 성공한 이후 끓는점 4.2 K인 액체 헬륨 제조 장치를 이용하여 수은의 전기 저항을 측정하던 중 절대 온도 4.2 K에서 전기 저항이 갑자기 없어지는 것을 발견했는데, 이 새로운 현상에 '초전도(superconductivity)'라는 이름을 붙였다.

초전도 자석은 자기 공명 영상(MRI) 장치, 입자 가속기, 에너지 저장 장치, 자기 부상 열차 등에 응용되며, 전선을 초전도체로 만들 경우, 열로 손실되는 에너지를 20 % 정도 줄일 수 있어 손실 없는 송전이 가능해진다. 고온 초전도체에 관련된 과학자들의 상상력은 미래 우주 정거장에 태양 에너지를 비축해 놓았다가 연료 대신 자기를 이용하여 우주선을 발사시키겠다는 생각까지 확대되고 있다.




### ❀ 연잎

연잎의 표면은 3～10 $\mu$m 크기의 수많은 미세한 털들로 덮여 있고, 이 털들은 나노 미터 크기의 물질로 코팅되어 있어 물에 젖지 않는다. 이 털들의 올록볼록한 구조 때문에 물방울이 잎의 표면 위에 떠서 존재하게 된다.

### ❀ 도마뱀붙이

게코도마뱀이라고도 하며, 대부분 길이가 12 cm 내외이다. 몸이 작은 혹 같은 비늘로 덮여 있으며, 발가락의 특별한 구조 때문에 쉽게 벽을 오르거나 천장을 기어다닐 수 있다.

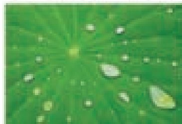


도마뱀붙이

### ❀ 스티키봇

'스티키봇(stickybot)' 은 유리벽을 수직으로 올라갈 수 있는 도마뱀 로봇으로서, 도마뱀붙이의 발바닥을 모방하여 '초강력 본드 발' 을 만든 것이다. 도마뱀붙이의 발바닥은 미세한 섬유 조직으로 이루어져 있다. 발가락에 있는 수백만 개의 털은 도마뱀붙이가 벽에 한번 달라붙으면 쉽게 떨어지지 않지만, 발걸음을 옮길 때에는 사뿐하게 움직이도록 해 준다. 이와 같은 원리를 스티키봇에 적용했다. 스티키봇의 4개의 발바닥에는 끝이 가느다란 합성 섬유가 수백 개 있다. 털 모양 섬모의 끝 부분은 한 방향으로만 경사지도록 처리되어 있다. 따라서 섬모의 끝 부분이 닿은 상태에서 경사면 방향으로 잡아당기면 마찰력이 매우 커져서 유리 벽에서도 떨어지지 않고 지탱할 수 있다. 반면, 반대편으로 잡아당기면 손쉽게 떼어 낼 수 있다.

연잎
연잎의 표면은 미세한 털들로 덮여 있어 물방울을 튕겨 나가게 하는 나노 구조로 되어 있다. 이러한 연잎의 표면을 모방하여 방수성이 뛰어난 소재와 코팅제를 개발하였다.



도마뱀붙이
도마뱀붙잇과의 동물을 통틀어 이르는 말로서, 발바닥에 빨판이 있어 다른 물건에 잘 달라붙는다.

나노 기술은 10억분의 1 m인 nm 수준의 크기에서 여러 가지 특성을 나타내는 신소재나 시스템을 만드는 첨단 과학 기술이다. 이러한 나노 기술은 생체의 나노 구조를 모방하여 새로운 성질의 물질을 만들거나 반도체의 집적 회로를 제조하는 데 적용되고 있다.

예를 들어 발바닥에 가느다란 털 형태의 수많은 섬모를 가지고 있어 벽은 물론이고 심지어 천장까지 기어 다니는 도마뱀붙이는 섬모와 벽면 사이에 끌어당기는 힘으로 경사면에서도 몸체를 지탱할 수 있는데, 이러한 섬모의 구조를 모방하여 미국의 대학에서는 스티키봇이라는 로봇을 만들었다. 또 우리나라의 연구 팀에서는 화학 물질을 사용하지 않은 접착테이프를 만들어 반도체나 디스플레이 장치를 옮길 수 있는 기구를 개발하였다.

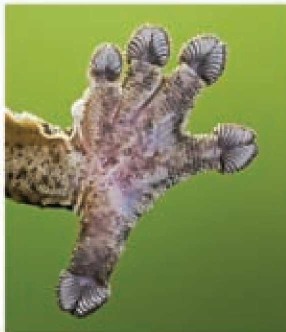


그림 Ⅲ-10 도마뱀붙이 발바닥

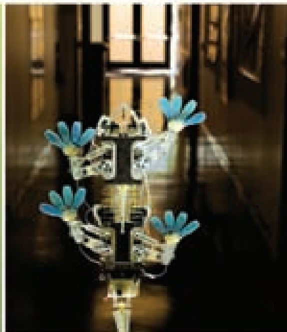


그림 Ⅲ-11 스티키봇

컴퓨터 그래픽이나 입체 영상 제작 기술은 영화나 애니메이션 제작에서 창의력이나 상상력과 결합하여 다양하고 풍부한 영상 표현을 가능하게 한다.

또 문화 콘텐츠를 디지털화하여 유통시키는 기술, 디지털 콘텐츠 제작 기술, 가상 현실 및 인공 지능 응용 기술 등 많은 분야에서 인간의 오감을 재현하는 기술이 현실화되고 있다. 이처럼 첨단 과학의 발달은 우리가 다양한 문화생활을 누릴 수 있도록 도움을 준다.



### ✚ 참고 자료 영화 CG 기술

디지털 영상의 대표적인 기술이라고 할 수 있는 CG(computer graphics) 기술은 컴퓨터를 이용하여 실물이나 가상의 물체를 화면상에 형상화하고 움직임을 부여하는 모든 기술을 말한다. 대표적인 CG 기술에는 영상 기반 모델링, 영상 기반 렌더링, 디지털 액터 표현, 디지털 액터 상호 작용, CG 실사 합성 기술 등이 있다.

자연스럽게 움직이는 가상 캐릭터를 만들기 위해서는 영상 기반 모델링 기법을 통하여 실제 물체에서 3차원 모델을 얻고, 렌더링을 거쳐 실제와 유사한 디지털 액터를 만들게 된다. 여기에 얼굴 표정이나 머리카락, 옷 등을 사실적으로 나타내 주는 디지털 액터 표현 기술이 적용되고, 군중 장면이나 격투 장면 등 디지털 액터의 상호 작용이 자연스럽게 보이도록 하는 여러 가지 기술을 적용하여 실제 사람의 행동과 차이가 없는 CG 영상을 얻게 되는 것이다.

실사 영상을 회화나 수묵화처럼 사람이 손으로 직접 그린 것과 같은 느낌으로 표현하는 기법도 있는데, 이러한 비사실적 렌더링 기술은 애니메이션, 광고, 영화, 의료, 건축 등에 활용되고 있다.



그림 Ⅷ-12 대기 오염_ 급격한 산업화와 무분별한 자원의 소비로 인간의 생활 공간이 파괴되고 있다.

첨단 과학은 환경오염을 줄이거나 예방하고 자연환경을 복원하는 데 활용되어 인류의 쾌적한 삶에 대한 욕구도 충족시켜 주고 있는데, 이와 관련된 기술을 환경 공학 기술이라고 한다. 예를 들어 중유의 탈황 기술은 중유 속에 함유된 황이나 황 화합물을 제거하는 기술로서, 연료를 연소시킬 때 나오는 배기가스 중에서 이산화 황의 발생을 막아 대기 오염을 줄이는 데 기여하고 있다.

**중유** 원유에서 휘발유, 등유, 경유 등을 뽑아내고 남은 기름이다.

인류는 활동 무대를 지구에만 한정하지 않고 우주 공간을 개발하기 위한 노력을 계속하고 있다. 우주 왕복선, 우주 탐사선, 인공위성, 우주 정거장 등은 우주 및 지구에 대한 이해를 넓히는 데 기여하고 있으며, 빠르고 정확한 정보 전달에도 활용되어 인류의 생활을 더욱 편리하게 만드는 데에도 역할을 다하고 있다. 항공기 엔진 기술, 로켓 추진 기술, 인공위성 제작 기술 등의 우주 항공 기술은 전기, 전자, 통신, 반도체, 신소재 등 다양한 첨단 과학이 결합된 종합 기술이다.

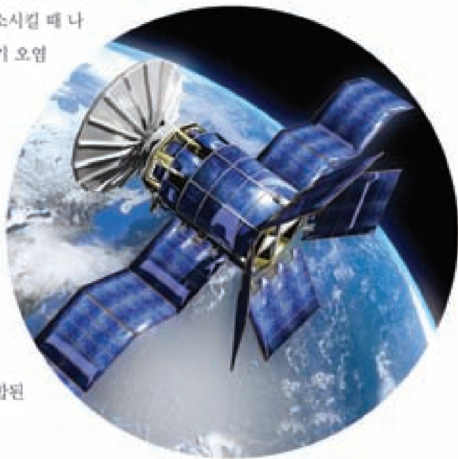


그림 Ⅷ-13 인공위성_ 지구 주위의 궤도를 돌면서 기상 관측, 해양 관측, 통신 등의 일을 한다.

자기 주도 학습

**개념 확인하기**

우리 생활에 큰 영향을 끼치고 있는 첨단 과학 기술에는 어떤 것들이 있는가?

**과학과 기술, 사회 연관 짓기**

첨단 과학 기술에 의해 우리 생활이 바뀐 부분을 찾아보자.
(1) 옷 (2) 음식 (3) 집





### ❀ 탈황 기술

대기 중에 황산화물이 노출될 경우 피부염이나 호흡기 질환을 유발할 수 있으므로 황산화물을 제거하는 탈황 기술이 필요하다. 탈황 기술은 물이나 액체 약품의 사용 여부에 따라 건식법, 반건식법, 습식법으로 구분할 수 있고, 그 밖에 발전소에서 이용하는 순환 유동층 연소법도 있다.

### ❀ 인공위성의 원리

인공위성은 빠른 속도로 지구 주위를 돌고 있다. 이와 같이 인공위성이 땅으로 떨어지지 않고 계속 돌 수 있는 이유는 뉴턴의 만유인력 법칙으로 설명할 수 있다.

공을 공중으로 던지면 어느 정도까지 올라갔다가 땅으로 떨어진다. 더 세게 던질수록 높이 올라가지만 결국에는 떨어진다. 이것은 지구의 중력 때문이다. 그러나 공중을 나는 물체의 속도가 지구의 중력과 같을 때에는 물체가 땅에 떨어지지 않고 지구 주위를 계속 돌 수 있다. 이와 같이 되기 위해서는 물체가 초속 7.9 km 이상의 속도를 가져야 한다. 그러나 지구에는 공기가 있기 때문에 그 저항으로 속도가 조금씩 느려져 땅에 떨어지게 된다. 따라서 인공위성을 띄울 때에는 공기가 거의 없는 지상 100 km 이상의 높은 곳까지 쏘아 올리는 것이다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

정보 통신 기술, 생명 공학 기술, 나노 기술, 문화 콘텐츠 기술, 환경 공학 기술, 우주 항공 기술 등이 있다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

(1) **옷** 가벼우면서 방수 효과와 땀 배출 기능이 좋은 등산복과 같은 기능성 의류가 개발되어 쾌적한 등산을 할 수 있게 되었다. 나노 기술을 활용한 극세사나 나노튜브, 은나노 항균제 등을 옷에 적용하여 기능성이 향상된 의류가 나오고 있다. 누에의 먹이를 조절하면 실크가 항균성, 소염성 등의 성질을 갖게 되어 수술실 등의 의료용으로도 쓸 수 있다.

(2) **음식** 냉장고와 같은 전자 제품과 전자레인지, 오븐 등 쉽게 요리할 수 있는 여러 가지 조리 기구가 발달하여 음식의 유통 기한이 늘어나고 위생적으로 안전한 식생활이 가능해졌다. 첨단 과학을 응용한 유전자 변형 작물의 재배는 병충해에 대한 내성을 키워서 수확량이 늘어나게 하였다. 최근에는 식단을 작성해 자동으로 음식을 조리하는 '스마트 오븐'도 개발되고 있다.

(3) **집** 집을 짓는 과정에서 컴퓨터 프로그램을 바탕으로 한 설계도를 활용하여 공사 기간을 단축할 수 있게 되었다. 집 안의 열효율을 높이기 위하여 각종 단열 재료가 개발되어 활용되고 있다. 또한 단열성이 우수한 유리가 개발되어 외부 소음과 추위를 막아 줄 수 있게 되었다. 최근에는 유비쿼터스 기술을 활용하여 주차장에 차가 들어오면 엘리베이터가 주차장으로 와서 대기하고, 자동으로 전등과 난방이 들어오는 '스마트 홈' 기술이 개발되어 실제 건물에 활용되고 있다.

# 1-2 과학과 기술 · 공학 · 예술 · 수학

## 학습 내용 안내

과학 개념과 원리가 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 안다.

## 학습 전개

도입 글을 읽고 인터넷이 발전하게 된 이유를 다른 여러 가지 분야의 지식과 연관 지어 설명하게 한다.



과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 조사하여 발표하게 한다.



과학과 기술, 공학이 주로 통합된 사례를 설명하게 한다.



과학과 예술이 주로 통합된 사례를 설명하게 한다.



과학과 수학이 주로 통합된 사례를 설명하게 한다.



대부분의 분야에서 과학과 기술, 공학, 예술, 수학 등이 통합되어 있다는 것을 설명하게 한다.

### 찾아보기

- 통합 과학의 이해와 실제(2012), Victor J. Mayer 외 4저, 자유 아카데미
- 통합 과학 교육(2007), 강호감 외 5저, 한국 학술 정보
- 예술 속의 과학(2012), P. U. P. A. Gilbert 외 1저, 김홍석, 박승옥 외 1역, 북스힐

# 1-2 과학과 기술 · 공학 · 예술 · 수학

**학습 목표**

- 과학 개념의 원리가 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 설명할 수 있다.

인터넷은 짧은 역사에도 불구하고 현대 사회에 많은 영향을 미치고 있다. 인터넷은 빠르고 풍부한 정보 교환, 시간이나 장소에 구애받지 않는 신속한 커뮤니케이션 등을 가능하게 함으로써 새로운 문화 창출에 대한 무한한 가능성을 열어주었다. 이러한 인터넷의 발전을 가능하게 한 것은 무엇일까?

최초의 인터넷은 군사적 목적으로 개발된 것이다. 그러나 과학의 발전과 더불어 다양한 분야와 통합이 이루어지면서 전 세계를 손쉽게 연결해 주는 거대한 네트워크가 되었다.

인터넷에서 정보를 저장하고 처리하기 위해서는 수학의 이진법을 적용해야 한다. 또 정보를 송수신하는 장치와 소리나 영상을 구현하는 장치 등을 만들기 위해서는 기술 및 공학적인 지식이 있어야 한다. 소리나 영상을 창의적으로 표현하기 위해서는 예술적 감각도 필요하다.

이처럼 과학적 원리를 응용한 수많은 첨단 기술과 기기는 다른 분야와도 밀접하게 관련되어 발전해 왔으며, 인류 문명에 많은 영향을 미치고 있다. 과학이 다른 영역과 통합된 또 다른 사례에는 어떤 것이 있는지 알아보자.




그림 Ⅷ-14 컴퓨터에 이용된 여러 가지 분야의 지식

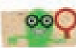
370 Ⅷ. 과학과 인류 문명

**참고 자료** 스팀 교육 도입의 배경

스팀(STEAM)이라는 용어는 원래 Arts가 빠진 스템(STEM)에서 비롯되었다. 2003년 OECD에서 주관하는 학업 성취도 평가에서 미국 청소년들이 다른 선진국들에 비해 수학과 과학 분야에서 낮은 성적을 받자 미국의 국가 과학 위원회에서 이에 대한 대책으로 제시한 것이다.

2010년 말 우리나라에서 스팀 교육을 시도하게 된 배경은 다양한 분야가 융합된 21세기형 인재에 대한 사회적 요구에 있었다. 지난 수십 년간 과학, 기술, 공학은 빠른 속도로 발전했지만 학교의 과학 교육은 거의 변화가 없었다. 첨단 과학 기술 제품에 익숙한 학생들은 전통적인 과학 교육에 흥미를 잃어 갔고, 지금까지 우리나라를 발전시켜 온 과학, 기술, 공학에 대한 선호도는 점점 떨어져서 국가 근간 산업을 물려받을 차세대 인재의 부족 현상이 우려되었다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 미국, 일본 등의 선진국에서는 시대에 맞는 교육 방법을 도입하고 있으며, 이러한 차원에서 우리나라도 스팀 교육을 도입하게 되었다.



## 탐구 활동 | 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합한 사례 | 조사

**목표**

과학이 다른 분야의 지식과 통합된 사례를 조사하고 토론할 수 있다.

**준비물**

인터넷 검색이 가능한 기기, 신문, 서적 등

**과정**

다음은 자전거에 적용되는 여러 가지 지식을 나타낸 것이다.

자전거를 만들거나 잘 타기 위해서는 자전거와 관련된 여러 가지 지식을 알고 있어야 한다. 예를 들어 자전거를 움직이는 데에는 힘과 운동의 관계가 적용되며, 바퀴가 회전할 때 마찰력을 줄이기 위해서는 베어링의 역할이 중요하다. 또 달리는 자전거를 안전하게 멈추기 위해서는 브레이크의 구조와 작동 원리를 알고 있어야 하며, 변속기의 구조에 따른 변속 원리를 알고 있으면 더욱 효율적으로 자전거를 탈 수 있다. 자전거를 제작할 때에는 기술적인 측면 외에도 사람들이 좋아하는 디자인으로 설계하기 위한 예술적 감각도 필요하다.



**결과**

자전거를 만드는 데 과학과 관련된 기술이나 공학, 예술, 수학적 요소들을 더 찾아 보자.

**해석** 창의 · 인성

인터넷이나 신문, 서적에서 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 조사하고 토론해 보자.

1 과학이 기술 또는 공학과 통합된 사례

2 과학이 예술 또는 수학과 통합된 사례

3 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 복합적으로 통합된 사례





### ❀ 자전거와 관련된 과학 요소

(1) **회전 운동** 회전하는 물체는 잘 쓰러지지 않는다.

(2) **물질의 상태** 물질은 온도에 따라 상태가 달라진다.

예 타이어가 녹는 현상, 녹는점을 이용한 철의 추출 등

(3) **전기** 자전거의 전조등에서 전기 에너지가 빛에너지로 전환된다.

(4) **역학적 에너지 전환** 언덕길을 오르내릴 때 위치 에너지와 운동 에너지가 서로 전환된다.



ⓐ 오르막에서는 기어를 변속시켜 힘을 조절한다.



ⓑ 내리막에서는 브레이크를 잡아 속도를 늦춘다.

## 탐구 활동 조사

**| 목표 |**

과학이 다른 분야의 지식과 통합된 사례를 조사하고 토론할 수 있다.

**| 결과 |**

볼트와 너트의 정확한 가공 기술, 회전체의 마찰을 줄이는 기술, 안전성, 속도 증가 등에서 기술과 공학이 응용된다. 자전거의 디자인과 색깔, 모양 등은 예술과 관련된다. 기어의 비율, 삼각형의 닮은꼴, 최소 공배수의 활용 등에서 수학과 관련된 요소를 찾을 수 있다.

**| 해석 |** 창의 · 인성

1 반도체의 집적 회로 기술에는 과학적인 지식뿐만 아니라 기술과 공학이 매우 중요하게 적용된다.

2 예술: 조각이나 그림에 DNA 구조와 프랙탈 구조 등을 응용한다. 디자인의 무늬로 이용되는 하얀 눈의 미세한 구조도 현미경의 발달과 프랙탈 원리 등의 과학 발전 이후에 가능하였다. 투명 아크릴 튜브를 이용한 예술 작품, 비디오 아트, 여러 가지 센서를 이용한 설치 미술 작품 등도 과학이 예술과 통합된 사례이다.

수학: 거울과 렌즈의 원리에는 과학과 수학이 통합되어 있다. 도형의 닮은꼴과 비례식, 미분 방정식 등이 도입되어 상의 위치를 찾는다. 축구공이나 배구공 등을 만드는 과정에는 정다면체, 구의 표면적, 공의 탄성력, 압력 등 수학과 과학이 통합되어 있다.

3 전기스탠드를 제작할 때에는 전기와 역학 등의 과학과 전기스탠드를 만드는 정교한 기술 및 공학, 디자인과 색깔 등의 예술, 도형이 관련된 수학이 통합되어 있다. 자동차, 비행기, 배 등도 여러 분야가 통합되어 만들어진 예이다. 운동 원리와 에너지 원리는 과학에 기초하고 있으며, 과학적 원리를 실현시키기 위한 기술과 공학, 모양과 색깔 등의 예술, 함수와 도형 등의 수학이 이용된다.

## 효과적인 운영을 위한 Tip

자동차와 관련된 그림이나 동영상 또는 모형을 활용하는 것이 좋다. 첨단 과학 기술이 자동차에 도입되는 사례는 지금도 새로운 시도가 계속되고 있으므로 가장 최신의 사례를 찾아보는 것이 좋다.

## 관련 지식

### ❀ 학문의 분화와 통합 그리고 융합

그리스 로마 시대에 철학과 함께 연구가 시작된 과학 기술은 물리, 화학 등 자연 과학 분야와 화공, 기계, 재료 등 공학 분야로 분화되었다. 한 분야를 깊이 파고들어 학문의 수준은 깊어졌지만, 얻어진 지식이 생활과 연결되기 어렵고 전문가 사이에 서로 공유할 수 있는 부분을 찾기가 어려워지는 단점이 있었다. 현재 각 대학에서 수행하고 있는 연구를 보면 화학 공학과에서 소재 개발을 하거나, 기계 공학과에서 의과학을 연구하고, 물리학과에서 생물학을 연구하는 이른바 '전공 파괴' 현상이 나타나고 있다. 이러한 현상의 출현은 한 분야에만 국한되고 있는 우물 안 개구리식 연구에 대한 문제를 해결하기 위한 노력이라고 볼 수 있다. 전공 파괴보다 더 적극적인 방법으로 자연 과학 분야의 변화를 모색하는 것이 기술의 융합화이다. 융합 기술은 자연 과학과 공학 사이에서 전문 분야의 벽을 허무는 것뿐만 아니라 인문 과학, 사회 과학, 음악, 미술에서 사회를 바라보는 방향으로 시야를 넓히고 새로운 시각에서 연구를 기획하자는 의도에서 시도되고 있다.

우리나라 국가 과학 기술 위원회는 5대 메가트렌드로서, 환경과 자원 문제 심화, 지식 기반 사회 진전과 글로벌화, 인구 구조 변화, 과학 기술 융합의 가속화, 새로운 안보 이슈 등장을 설정하고 있다.

이에 대응하기 위해서는 폭넓은 분야의 전문 지식을 습득하고 다른 분야의 전문가들과 협력하는 자세가 필요하다.

**과학과 기술 · 공학**

오늘날의 자동차는 수많은 과학적 원리가 적용되고 여기에 기술, 공학 영역이 통합되어 첨단 제품으로 발전하고 있다. 예를 들어 자동차에 부착된 센서나 위성 위치 확인 시스템(GPS)의 결합 등은 차간 거리가 좁아지면 속도를 늦춰주고, 예상하지 못했던 장애물을 만나면 피하게 해 준다. 또 좁은 공간에서 스스로 주차를 하거나 차선을 벗어날 때에는 경고와 함께 바로잡아 주기도 하는 등 다양한 첨단 기술이 적용되고 있다.

이 밖에도 파동의 반사를 활용한 보행자 충돌 방지 시스템은 더 안전한 주행을 할 수 있게 해 주며, 운전자의 음성 명령에 의해 다양한 기능을 수행할 수 있다.

최근에는 스마트폰을 활용해 시동을 걸거나 차량을 원격 조종하는 기술이 개발되었으며, 실내 온도뿐만 아니라 통풍과 냄새, 습도를 감지하고 이를 자동으로 조절해 주는 기술도 실용화되었다. 하이브리드 기술이 적용된 자동차는 공해가 적고 경제성이 높아 차츰 보편화되고 있다.

용어 **위성 위치 확인 시스템(GPS)** GPS(Global Positioning System)는 인공위성에서 보내는 신호를 수신해 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성 항법 시스템이다. GPS는 항공기, 선박, 자동차 등의 내비게이션 장치에 주로 쓰이며, 최근에는 스마트폰, 태블릿 PC 등에서도 많이 활용된다.

❶ 그림 Ⅷ-15 자동차에 적용된 첨단 기술의 예




## 학습 자료실

### ❀ 이스라엘의 과학과 기술 · 공학 통합 교육

이스라엘에서는 학구적이고 이론적인 부분과 기술적인 부분을 함께 공부함으로써 학생들이 기술 중심 사회에 좀 더 체계적으로 다가갈 수 있도록 하고 있다.

유치원이나 초등학교 저학년 학생들도 컴퓨터 전자 공학, 로봇 공학 등의 분야를 친근하게 느끼도록 유도하고, 기초적인 과학과 기술 분야를 이해하도록 교과목을 구성한다. 중학교 1학년 때 과학 기술 분야에 관심이 많은 학생들은 다양한 전문 분야를 다루어 보고 최종 선택하도록 하고 있다. 교사는 학생들의 능력을 평가하고, 선택하는 데 도움을 준다. 과학과 기술 교육을 위한 교과 과정의 개발과 일선 학교에서 시행한 노력의 결과로 이스라엘 학생 과반수가 과학과 기술 과목을 선택하고 있다.



❷ 현미경으로 식물의 잎을 관찰하고 있는 이스라엘 학생들

과학이 기술이나 공학과 통합된 또 다른 사례로 로봇 기술이 있다. 로봇 기술은 자동차 분야를 포함하여 전기, 전자 등 여러 산업에 많은 영향을 미치고 있다.

두 발로 걷는 로봇으로는 한국의 '알버트 휴보'와 일본의 '아시모'가 있고, 사람처럼 생각하고 스스로 학습하는 로봇으로는 미국의 '머츠'가 있다. 이들 로봇은 가위바위보 놀이를 할 수 있을 정도로 정교한 동작이 가능하고, 시속 6 km로 달릴 수도 있다. 또한 사람의 얼굴을 알아보고 감정을 표현하거나 간단한 대화도 할 수 있을 만큼 똑똑하다.

산업 현장에서는 단조로운 반복 작업이 많은데, 이와 같은 작업을 로봇에게 맡길 수 있다. 로봇은 일정한 수준의 정밀도와 정확도로 작업을 계속할 수 있으며, 오랜 시간을 작업해도 지치지 않기 때문에 똑같은 제품을 대량으로 만드는 데 활용되고 있다.

그 밖에도 로봇은 사람이 직접 하기에 어렵고 위험한 일들을 대신할 수 있다. 예를 들어 로봇은 방호복을 입지 않고도 원자력 발전소에서 방사성 물질을 취급하거나 화학 공장에서 유독 물질을 다룰 수 있다. 또 우주 정거장에서 임무를 수행할 때 로봇이 사용되며, 가정에서 사람을 대신하여 청소를 하는 로봇도 실용화되어 있다.

자동차나 로봇 기술의 예와 같이 과학과 기술 또는 과학과 공학의 통합은 또 다른 분야와 융합하여 앞으로도 계속 발전할 것이다.



그림 Ⅷ-16 한국의 로봇 '알버트 휴보'



그림 Ⅷ-17 자동차 공장의 로봇

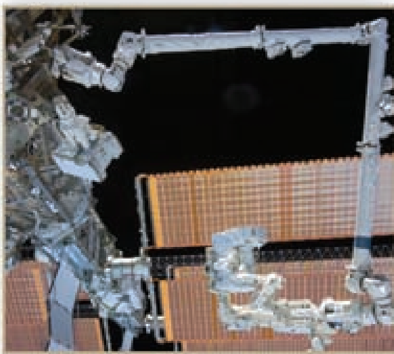


그림 Ⅷ-18 우주 정거장의 로봇





**과학 돋보기**

### ❀ 로봇의 정의

로봇(robot)은 체코 어인 robota(노동)와 robotnik(노예)의 합성어로서, 작업에 알맞게 고안된 도구를 팔 끝 부분에 부착하고 제어 장치에 내장된 프로그램의 순서대로 작업을 수행한다. 따라서 로봇은 자동 제어에 의해 여러 가지 작업을 수행하거나 이동하도록 프로그램된 다목적용 기계라고 할 수 있다. 산업용 로봇이 사용되는 대표적인 분야에는 용접(welding), 도장(painting), 조립(assembly), 물류(material handling) 분야 등이 있으며, 공장 자동화의 최종 목표인 무인 공장을 구성하기 위한 필수 요소이다. 로봇은 전기 전자 공학, 기계 공학, 전산 공학 등의 복합 기술을 총망라하여 적용된 첨단 기술의 산물이다. 또한 미래의 로봇은 인공 지능과 신경 회로, 퍼지 이론 등의 기술과 음성 화상 인식 기술 등이 적용됨으로써 매우 다양한 기술의 복합체가 될 것이다.



산업용 로봇

## 효과적인 운영을 위한 Tip

여기서는 인간에 가까운 형태로 만들어진 로봇이 소개되고 있다. 그리고 로봇은 점점 복잡하고 다양한 분야가 통합되어 가고 있음을 염두에 두고 지도한다. 모형 로봇을 주고 통합된 사례를 조사하게 하는 것도 좋고, 2010년에 상영된 '로봇'이라는 영화처럼 과학과 예술, 수학, 기술, 공학이 통합된 좋은 예를 미디어 자료를 통해 제시해도 좋다.

## 관련 지식

### ❀ 로봇과 관련된 학과

로봇의 기본 틀을 만드는 곳은 공학 쪽이다. 따라서 로봇과 관련된 학과는 주로 공과 대학에 설치되어 있다. 메카트로닉스 공학과, 제어 계측 공학과, 지능 로봇 공학과, 로봇 시스템 학과, 로봇학과, 전자 공학과 등에서 로봇의 골격과 작동 시스템을 만드는 과학 기술을 공부한다. 이때 과학과 공학에 수학이 관련되어 있는 것은 당연하며, 만들어진 로봇이 실용화되는 단계에서 예술 분야가 통합되는 경우도 많다.

### ❀ 로봇의 진화-생체 모방형 로봇

생체 모방형 로봇은 모든 분야가 통합된 것이다. 생체 모방형 로봇에는 로봇 물고기, 지진 구호 활동에 쓰인 로봇 '스네이크', 개 모양을 한 '빅독', 잠자리를 닮은 '델플라이어' 등이 있다. 생물체의 몸체 전체가 아닌 일부만을 모방하는 기술도 개발되고 있다. 코끼리의 코를 모방한 로봇(크기에 관계없이 물건을 쥘 수 있다), 도마뱀붙이의 발바닥을 모방한 로봇(수직 벽을 기어오를 수 있다) 등이 그 예이다. 더 나아가 생물체의 근육 운동 자체를 모방하려는 시도도 이루어지고 있다. 2004년 MIT에서는 살아 있는 근육 조직에 전기 자극을 가하여 헤엄을 치는 로봇을 소개함으로써 그 가능성을 보여 주었고, 금속 등을 사용한 '인공 근육' 개발도 꾸준히 이루어지고 있다.

## 효과적인 운영을 위한 Tip

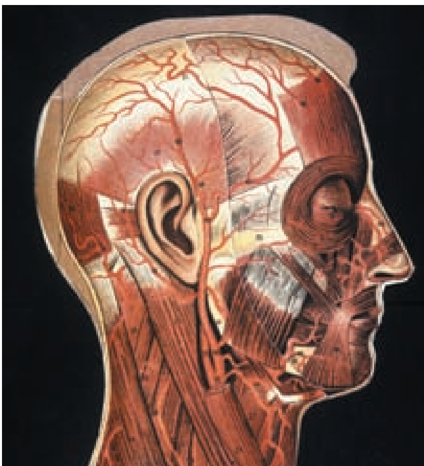
과학과 예술이 통합된 자료와 도구를 알려 주기 위하여 컴퓨터 그래픽이 잘 표현된 영화를 보여 준다.

## 관련 지식

### ❀ 메디컬 일러스트레이션

메디컬 일러스트레이션은 매우 복잡한 의학 지식 또는 생물학적 정보를 보다 쉽고 명확하게 전달하기 위하여 시각적으로 표현하는 분야이다. 정보를 시각화할 때에는 사실적으로 재현하는 것이 원칙이나 경우에 따라서는 정보를 이론적으로 재구성하여 이미지로 만들기도 한다. 따라서 메디컬 일러스트레이션을 위해서는 의학적 · 과학적 지식과 미술적 표현 역량을 고르게 갖추어야 한다.

사람의 몸 구조를 이해하기 위해 그림으로 표현하는 것은 오래전부터 이루어져 왔다. 사람의 몸이 예술가와 해부학자의 공통 관심이던 때에는 사람의 몸 그림은 과학이자 예술이었다. 그러나 현대에 접어들면서 몸에 대한 관심은 과학과 예술의 두 가지 길로 극명하게 갈리게 되었다. 그중 과학 쪽에 해당하는 것이 의학적 관점에서의 인체 그림이다. 이처럼 팔, 다리, 손, 발 등의 뼈를 섬세하게 표현하는 과정에 미술이 많은 도움을 줄 수 있다. 이러한 인체 세밀화는 미술의 발전에도 도움을 줄 것이다.


ⓐ 메디컬 일러스트레이션의 예


ⓑ 그림 Ⅷ-19 빛의 분해


ⓑ 그림 Ⅷ-20 빛의 3원색

**과학과 예술**

과학은 미술이나 음악과도 밀접하게 관련되어 있다. 먼저 과학과 그림의 관계에 대하여 알아보자.

뉴턴은 햇빛을 분해하여 햇빛에 다양한 색이 혼합되어 있다는 것을 증명하였고, 영국의 영은 스펙트럼에 나타나는 색이 시각 신경의 지각 작용에 의한 것이라고 하였다. 이후 사람의 눈에 있는 원뿔 세포에는 빨강, 파랑, 초록을 인식하는 세 종류의 세포가 있다는 것이 밝혀졌다. 이에 따라 빛의 3원색이 정해졌으며, 빛의 3원색을 합성하면 인간이 인식할 수 있는 모든 색을 만들어 낼 수 있다.

19세기의 과학적 탐구에 따른 빛과 색채의 이론으로 점묘법이 있다. 점묘법을 이용하면 빛의 3원색을 사용하여 다양한 색의 그림을 표현할 수 있다. 오늘날 컴퓨터나 텔레비전과 같은 영상 표현 장치들도 빨강, 파랑, 초록의 세 가지 색으로 다양한 영상을 만들어 낸다.

과학의 발전으로 19세기에 카메라가 발명되었다. 이것에 자극을 받은 화가들은 카메라로 표현하기 어려운 시각에 의한 인상, 정서와 감정, 개념 구조 등을 표현하기 위해 그림을 더욱 발전시켰다.

ⓑ 그림 Ⅷ-21 점묘법


ⓑ 그림 Ⅷ-22 카메라

374 Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 보충 학습 | 과학에 의한 음악과 미술의 통합

예술가들은 청각과 시각이라는 서로 다른 두 감각 기관을 통합하는 작업을 시도하기도 한다. 청각은 소리를 이용하여 시간을 채우고, 시각은 선과 색채를 이용하여 공간을 채운다. 이 두 개의 영역이 결합하는 순간 새로운 예술 경험이 가능해지는 것이다. 마네의 '피리부는 사나이'는 그림이지만, 피리 소리가 흘러나오게 할 수도 있는 것이다. 또한 영화는 시각과 청각을 통한 예술을 과학과 기술, 공학으로 통합한 종합 예술이다.

멀티미디어 공연, 인터랙티브 설치, 컴퓨터 프로그래밍에 의한 알고리즘 아트 등 디지털 미디어를 이용한 다양한 예술 활동도 이루어지고 있다. 예를 들면 컴퓨터 프로그래밍을 이용한 음악이 연주되면서 시각의 빛 이미지들이 소리가 차지하는 공간에 맞추어 채워지거나 컴퓨터로 연주되는 음악의 선율과 박자가 연주자의 판단에 따라 달라질 수 있다. 소리와 이미지가 함께 프로그래밍되어 소리가 차지하는 공간을 빛의 이미지로 보여주는 것이다. 음악이 색채를 표현하고, 조각이 움직임을 표현하고, 회화가 깊이와 선율을 표현하는 것이 과학과 기술로 가능해졌다.

화가들은 시시각각으로 변하는 자연에 대한 순간적인 인상을 포착하였고, 사람의 감정과 반응을 표현하는 데 있어서 표현의 자유를 시각화했으며, 카메라로 표현할 수 없는 삼차원의 그림을 그렸다.

오늘날 예술가들은 폭죽 기술을 이용하여 밤하늘에 아름다운 무늬를 만든다. 또 비디오를 이용하여 비디오 아트를 보여 주기도 하고, 전기 조명을 이용하여 도시와 다리의 아름다운 야경을 만들기도 한다. 입체 영상 기술의 발전으로 입체 영화, 입체 영상 텔레비전 등을 볼 수 있게 되었고, 3D 카메라는 사람의 두 눈처럼 두 개의 렌즈로 촬영하여 입체 영상을 표현할 수 있다.

음악에서도 과학이나 수학적 원리가 적용된다. 예를 들어 음계에서 '라' 음의 진동수가 440 Hz인 것처럼 다른 음들의 진동수도 수학적으로 계산하여 구할 수 있다. 그 밖에도 소리가 만들어지는 과정이나 악기마다 음색이 다른 이유, 작곡의 원리, 음악 감상과 뇌의 활동, 소리를 압축하는 원리 등은 과학과 밀접한 관련이 있다.


그림 Ⅷ-23 불꽃놀이


그림 Ⅷ-24 다리의 아름다운 야경


그림 Ⅷ-25 캠코더

그림 Ⅷ-26 3D 카메라

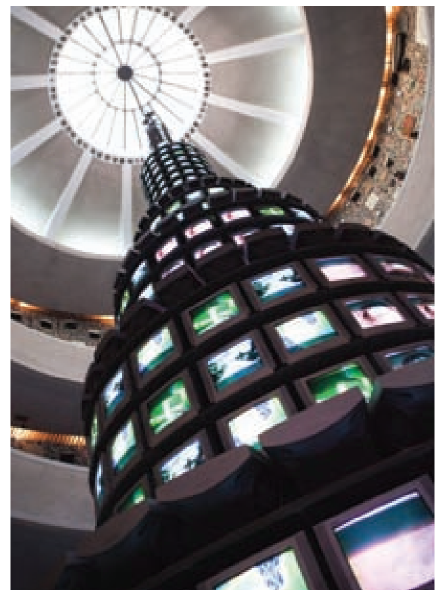
375

## 학습 자료실

### 백남준의 미디어 아트와 비디오 아트

백남준은 자신의 신체를 미디어 삼아 신체의 틀을 벗어나고자 하는 퍼포먼스를 시작한 예술가이다. 1971년 'TV 첼로와 비디오 테이프를 위한 콘체르토'에서는 샬롯 무어먼이 백남준의 'TV 첼로'를 연주하는데, 텔레비전 세 대를 연결하여 만든 한 줄짜리 첼로는 샬롯 무어먼이 현을 그을 때마다 한 대의 모니터에서는 그가 연주하는 모습이 나오고, 다른 한 대에서는 다른 첼리스트들의 연주 모습이 나오며, 나머지 한 대에서는 방송 중인 텔레비전 프로그램 화면이 나왔다. 비디오와 음악, 오브제, 인간 신체를 일체화시키는 퍼포먼스를 통해 동시적이면서도 분절된 시간과 공간을 경험할 수 있도록 한 것이다.

백남준은 1963년 독일과 1965년 미국에서 열린 개인전에서 텔레비전 내부 회로를 물리적으로 조작하고, 전자기적 신호를 수학적으로 계산하여 화면에 색다른 이미지를 창조하는 실험 텔레비전을 선보였다. 텔레비전 가까이에 자석을 갖다 대어 추상화 같은 화면을 만들어 내기도 하고, 오디오 신호 발생기를 연결하여 생성되는 주파수에 따라 왕관 모양의 파형이 화면에서 춤을 추게 하기도 하였다. 그는 텔레비전이라는 미디어로 관람객의 모든 감각 기관을 자극하였다.


백남준의 비디오 아트 '다다익선'

## 참고 자료 움직이고 소리나는 옥외 광고 예술, 디지털 사이니지

2054년을 배경으로 한 영화 '마이너리티 리포트'에는 홍채 인식으로 행인의 신원을 파악한 후 그에 맞는 맞춤형 광고를 제공하는 옥외 광고판이 등장한다. 예를 들어 30대 남성이 지나갈 때 광고판은 그가 좋아하는 맥주 광고나 관심을 보였던 자동차 광고를 내보낸다. 이러한 맞춤 광고를 통해 기업은 광고 효과를 극대화할 수 있으며, 소비자는 무분별한 광고 공해에서 벗어나 필요한 정보만을 얻을 수 있다. 그야말로 '누이 좋고 매부 좋은' 옥외 광고이다. 이러한 옥외 광고를 '디지털 사이니지'라고 하는데, 디지털 정보 디스플레이를 이용한 옥외 광고로서, 관제 센터에서 통신망을 통해 광고 내용을 제어할 수 있는 광고판을 말한다. 현재는 단순히 동영상 형태에 소리를 곁들인 광고를 시간대별로 번갈아 보여 주는 형식이 대부분이지만, 앞으로는 모션 인식이나 근거리 무선 통신 등을 이용하여 사용자와 쌍방향으로 통신하는 형식으로 점차 바뀔 전망이다. 디지털 사이니지는 옥외 디지털 사이니지와 실내 디지털 사이니지의 두 가지로 발전하고 있으며 텔레비전, 인터넷, 모바일에 이어 제4의 미디어로 주목받고 있다.

과학 돋보기

## 수와 세계

과학과 수학의 통합은 오래전부터 진행되어 왔다. '세계가 무엇으로 이루어졌는가' 라는 질문에 흙, 물, 공기, 불이라고도 하지만 아낙시만드로스는 무한자(apeiron)가 세계의 근원이라고 하였다.

또 만물의 근원은 수(numbers)라는 주장이 있다. 아리스토텔레스가 언급한 것에 따르면 피타고라스주의자들은 단순히 수는 비물질적인 것이 아니라 물질적인 것이라고 하였다. 즉, 그들에게 있어 수는 공기나 물과 같이 물질적인 것이며, 당연히 물질 세계를 구성할 수 있다는 것이다.

이러한 이론은 기하학과 관련이 있다. 그들이 보기에 물질 세계에 있는 것은 점, 선, 면, 입체로 이루어져 있다. 그리고 점, 선, 면, 입체는 각각 1, 2, 3, 4에 대응한다. 따라서 물질 세계에 있는 것은 모두 수들로 이루어져 있다는 것이다. 하지만 이런 식의 사고는 설득력이 떨어진다.

그러나 세계와 수에 대한 피타고라스주의자들의 주장은 조화와 관련이 있다. 피타고라스는 대장간을 지나다 해머가 모루에 부딪치는 소리를 듣고 세 가지 어울림 음정(옥타브, 제5음, 제4음)과 정수비와의 관계를 발견했다고 한다. 즉, 옥타브의 경우 현 길이의 비율이 2 : 1이고, 제5음은 2 : 3, 제4음은 3 : 4라는 사실을 발견한 것이다. 이 발견에 등장하는 네 개의 정수(1, 2, 3, 4)를 테트락티스(tetractys)라고 한다. 피타고라스주의자들은 어울림 음정을 테트락티스로 나타낼 수 있기 때문에 조화롭고 아름다운 음악은 수로 표현될 수 있다고 생각하였다.

한편, 피타고라스주의자들은 이러한 조화가 음악뿐만 아니라 우주에서도 발견된다고 여겼다. 따라서 그들은 조화로운 우주도 수로 표현될 수 있다고 생각하였다. 기원전 3세기 신플라톤주의자인 이암블리코스(Iamblichos)는 피타고라스주의자들에 대한 책에서 이렇게 수로 표현될 수 있는 우주의 조화로운 특징을 '세이렌이 부르는 하모니' 라고 표현했다.

### 과학과 수학

자연을 탐구하는 과학은 수학을 언어로 사용한다. 그리고 과학의 영향으로 수학이 크게 발전한 경우도 많다. 전기와 자기의 이론적 설명에는 수학의 도움을 많이 받아야 하며, 컴퓨터를 활용한 과학은 무리수의 계산이나 복잡한 함수, 통계 등을 정리하는 데 도움을 주었다.

기상 예보는 과학으로 미래를 내다보는 산업으로서, 앞으로도 발전 가능성이 매우 높다. 기상 예보를 하기 위해서는 기온과 기압, 습도, 바람 등 예보에 필요한 다양한 정보를 종합해야 한다. 하지만 과거에는 계산이 워낙 복잡하여 결과를 구하려면 몇 년이나 걸릴 정도였다.

그러나 1950년대에 컴퓨터가 등장하면서 계산에 의한 기상 예보가 가능해졌다. 우리가 상상조차 할 수 없는 매우 빠른 속도로 방정식 풀이가 가능해졌기 때문이다. 컴퓨터의 영향으로 수학자들은 단순한 계산 수학에서 벗어나 생각하는 수학을 가능하게 하였다.

우주선을 쏘아 올릴 때에도 과학, 기술, 공학, 수학 등이 밀접하게 융합되어야 한다. 우주선의 운동과 궤도에 대한 정확한 계산뿐만 아니라 이와 관련된 연료의 연소, 우주선의 재질 등 매우 다양한 분야와의 협력이 필요하기 때문이다.

이처럼 오늘날의 과학은 기술, 공학, 예술, 수학 등 다른 분야와 밀접한 관련을 맺으면서 발전하고 있다.



그림 Ⅷ-27 로켓 발사



그림 Ⅷ-28 기상청

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 스마트폰으로 할 수 있는 예술 활동에는 어떤 것이 있는가? | 발레 공연을 할 때 적용될 수 있는 과학에는 어떤 것이 있는지 알아보자. | 전기와 관련된 기술, 공학에는 어떤 것이 있는지 알아보자. |

376 Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

스마트폰으로 음악 감상, 작곡 등을 할 수 있고, 미술 작품 감상이나 영화 제작 등 많은 활동을 할 수 있다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

발레 선수가 공연할 때 적용할 수 있는 과학에는 회전 관성에 관한 역학, 속도와 가속도, 힘의 평형, 옷의 펄럭임과 관련된 유체 역학, 무대 장치와 관련된 빛, 전자 장치 등이 있다.

### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

전기와 관련된 기술, 공학에는 전기의 대량 생산 기술, 송전과 배전 기술 등이 있다. 또한 전기를 이용하는 수많은 기기들은 모두 기술, 공학과 관련이 있다. 현대의 생활용품 중에 소리, 빛, 움직이는 기구들은 대부분 전기와 관련되어 있다. 그리고 전기의 작용에는 빛 작용과 열 작용 외에도 자기 작용이 있다. 자기 작용에 관련된 기술, 공학에는 전파 기술, 통신 기술, 단파와 장파가 관련된 기술 등이 있다.

# 힐베르트의 23가지 문제



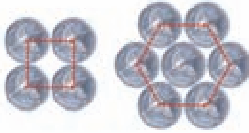

오늘날 수학은 과학뿐만 아니라 인문 과학, 사회 과학 등으로 그 영역을 넓혀 가며 거의 모든 학문과 관계를 맺고 있다. 힐베르트는 수학에서 다루고 있는 각각의 전문 분야에서 중요한 것만을 선별하여 23개의 문제를 제안하였다. 이 문제들은 각각 인류사를 거치면서 여러 분야에서 큰 발전을 이루는 데 많은 기여를 하였다. 하지만 현재의 발전에 어떻게 기여하고 있는지 하나씩 집어내기는 어렵다. 수학 이론을 응용하기 위해서는 수십 년에서 수백 년이라는 오랜 시간이 걸리기 때문이다.

다음은 힐베르트가 제시한 문제 중 다른 분야의 발전에 영향을 준 예이다.



힐베르트

**공간을 최대한 채울 수 있는 방법은 무엇일까?**



같은 크기의 동전 여러 개를 평평한 탁자 위에 올려놓고 이리저리 움직여 붙여 보자. 전체 공간에 대해 동전이 차지하는 공간의 비율을 가장 높게 배열하는 방법은 하나의 동전이 6개의 서로 다른 동전들로 둘러싸이도록 하는 것이다. 그리고 이 정육각형은 정삼각형으로 나눌 수 있다. 즉, 평면을 완전하게 채울 수 있는 가장 간단한 도형은 정삼각형이다.

이와 같은 이론은 원자 결정체의 구조를 이해하는 데 도움을 주고, 더 나아가 경제 이론, 디자인, 건축학에도 응용되고 있다. 1972년 독일의 뮌헨 올림픽 경기장과 2008년 베이징 올림픽 수영 경기장인 워터큐브 역시 이 원리를 응용하여 만들어졌다.

※ 힐베르트(Hilbert, D. : 1862~1943)는 독일의 수학자이다. 1900년 프랑스 파리에서 열린 국제 수학자 회의에서 수학의 발전 방향을 위해 인류 문명의 발전에 기여할 것으로 예상되는 23개의 문제를 제시하였다.

워터큐브








### 힐베르트의 23가지 문제

1. 연속체 가설
2. 산술 공리들의 무모순성
3. 두 다면체의 부피 비교
4. 유클리드 기하학의 공리와 기하학
5. 연속군의 미분 가능성
6. 물리학을 공리화하는 문제
7. 대수적 무리수의 초월 함수
8. 리만 가설
9. 수론의 상호 법칙에 관한 일반화
10. 부정 방정식의 유리수 해
11. 이차체에 대한 해의 일반화
12. 크로네커의 정리에 관한 문제
13. 7차 방정식의 풀이에 관한 문제
14. 상대적 다항 함수의 유한성
15. 대수 기하학의 기초에 관한 문제
16. 대수 곡선 및 곡면의 위상
17. 정부호 유리 함수를 제곱의 합으로 묻는 문제
18. 합동인 다면체로 공간을 채우는 문제
19. 변분 문제의 해는 해석 함수인가?
20. 변분법 문제의 해
21. 모노드로미 군의 선형 미분 방정식
22. 함수를 이용한 해석적 관계의 균일화
23. 변분법의 추가적 발전




### 리만 가설과 암호 체계의 비밀

주어진 수보다 작은 소수들이 일정한 패턴을 가지고 있다는 것이 리만 가설이다. 이 문제는 아직 해결되지 않았으며, 100만 달러의 현상금이 걸려 있다. 힐베르트는 이 문제가 해결되면 쌍둥이 소수(소수 가운데 3과 5, 5와 7, 11과 13 등과 같이 연속한 두 소수의 차이가 2인 소수)의 쌍이 한없이 있다는 예상도 증명될 수 있을 것이라고 생각했다.

만약 리만 가설이 참이라고 한다면 어떤 일이 벌어질까?

예를 들어 10보다 작은 소수의 개수는 2, 3, 5, 7로 4개인데, 이렇게 어떤 수보다 작은 소수의 개수를 찾는 방법을 공식으로 나타낼 수 있다고 가정할 때 100보다 작은 소수의 개수를 알고 싶다면 그 공식에 100을 대입하기만 하면 될 것이다. 100보다 작은 소수가 25개이므로, 25개의 소수를 모두 찾았을 경우 더 이상 찾을 필요가 없고, 25개보다 적게 찾았을 때에는 더 찾아보아야 할 것이다. 따라서 아무런 제한 없이 하나하나 소수를 찾는 것보다는 도움이 된다.

소수를 찾는 것은 매우 중요하다. 그 이유는 오늘날 우리가 소수를 암호에 활용하고 있기 때문이다. 예를 들어 통장에 사용하는 비밀번호도 소수를 이용하여 만들어진 것이다. 리만 가설로 알려진 8번째 문제가 참이라면 소인수 분해를 이용한 오늘날의 암호 방식은 쉽게 뚫릴 것이다.

소수를 이용한 암호 방식인 공개 키 암호 방식은 매우 복잡하게 만들어져 있지만 그 원리는 다음과 같이 아주 간단하다. 두 소수 $p=47$과 $q=73$의 곱이 3,431임을 계산하는 것은 쉽지만, 거꾸로 3,431을 소인수 분해하여 두 소인수 47과 73을 찾는 것은 쉬운 일이 아니다. 공개 키 암호 방식은 이러한 원리를 이용하여 아주 큰 두 소수 $p$, $q$를 비밀로 하고, 그들의 곱을 공개하는 방식이다.

# 1-3 첨단 과학과 미래 생활

**| 학습 내용 안내 |**

(1) 과학의 발전 과정을 안다.

(2) 미래 생활에 영향을 줄 수 있는 첨단 과학을 근거를 들어 제시한다.

**| 학습 전개 |**

공상 과학 영화 등에서 보았던 미래 첨단 과학의 예를 발표하게 한다.



인류가 과학을 발전시켜 온 과정과 오늘날 과학 기술의 특징을 설명하게 한다.



탐구 활동을 통해 미래 생활에 영향을 줄 신기술을 조사하게 한다.



신기술이 우리 생활을 어떻게 변화시킬지 예측해 보고 발표하게 한다.

---

Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 1-3 첨단 과학과 미래 생활

**학습 목표**

- 과학의 발전 과정을 알릴 수 있다.
- 미래 생활에 영향을 줄 첨단 과학을 근거를 들어 제시할 수 있다.

하늘을 나는 자동차, 우주여행, 냉동 인간 등 영화 속에서나 볼 수 있는 장면들이 현실화될 수 있을까?

뉴턴은 "만일 내가 다른 사람들보다 조금 더 멀리 볼 수 있었다면, 그것은 내가 거장들의 어깨 위에 서 있었기 때문일 것이다."라고 말하였다. 또 아인슈타인은 "상상은 지식보다 중요하다."라고 말하였다. 두 과학자의 말은 과학 기술의 발전 과정을 핵심적으로 표현한 것이다.

과거에 상상으로만 그쳤던 영상 통화가 가능한 휴대 전화가 오늘날 실현되고 있는 것처럼 지금까지 쌓아 온 과학 기술의 업적 위에 새로운 상상력이 더해지면 공상 과학 영화 속의 장면이 실현될 수도 있을 것이다. 앞으로 10년 또는 20년 후 과학 기술은 어디까지 발전해 있을까?

❸ 그림 Ⅷ-29 첨단 과학 기술_태블릿 PC, 친환경·재생 에너지 기술, 로봇, 식물 공장 등 과학의 발전은 인간의 생활을 더욱 풍요롭게 바꿀 것이다.

378 Ⅷ. 과학과 인류 문명

---

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 도입 시 공상 과학 영화에 등장했던 첨단 과학과 관련된 다양한 장면을 보여 준다.

2 오늘날 인류가 겪고 있는 다양한 문제에 대해서도 관심을 갖도록 지도하고 미래 신기술은 이를 해결하는 데 기여하는 방식으로 발전해야 한다는 것을 강조한다.

**찾아보기**

- 교육 과학 기술부
  http://www.mest.go.kr
- 한국 과학 창의 재단
  http://www.kofac.re.kr

**참고 자료** 공상 과학 영화의 예

(1) **제 5원소(1997년, 뤽 베송 감독)** 1914년 이집트의 피라미드 발굴 현장에서 한 학자가 지구의 미래를 바꿔 놓을 5개 원소의 비밀을 밝혀낸다. 300년 후인 2259년 외계 행성의 공격으로 위기를 맞은 지구에 제5원소인 예언적 소녀가 나타나는데, 이 소녀와 지구를 구하기 위한 주인공의 모험이 펼쳐진다. 초현대적인 23세기 미래의 뉴욕을 배경으로 아름다운 의상과 하늘을 나는 자동차 등 첨단 미래 사회의 감각적인 영상이 특징이다.

(2) **데몰리션 맨(1993년, 마르코 브람빌라 감독)** 1996년 경찰인 주인공은 자신의 적수인 악당과 결투를 벌이다가 인질들이 죽자 징계를 받고 악당과 함께 냉동 감옥에 얼려져 수감된다. 그 후 2032년 미래의 로스앤젤레스는 첨단 전자 감시 시스템에 의해 모든 범죄가 사라진 최첨단 정보화 도시가 되었지만, 악당이 감옥에서 탈출하여 도시를 파괴하기 시작한다. 경찰 당국이 악당을 다시 체포하기 위해 주인공을 냉동 상태에서 재생시키면서 미래 세계를 배경으로 이야기가 전개된다.

**과학의 발전과 전망**

1886년 칼 벤츠는 "말 없이 달리는 마차를 만들겠다."라고 하며 자동차를 만들었다. 자동차의 발명과 대량 생산으로 인류는 쉽게 먼 곳으로 이동할 수 있게 되었다. 이후 자동차는 끊임없는 개발을 통해 발전하면서 현대에 이르러서는 다양한 첨단 기술과 결합하여 효율이 더 높아졌고 세련된 디자인과 편리한 기능을 갖게 되었다.

그러나 자동차의 연료로 사용하는 화석 에너지의 고갈과 환경오염 등의 문제가 심각해짐에 따라 미래에는 수소, 바이오 디젤 등과 같은 새로운 에너지를 사용하는 자동차가 필요해질 것이다.



그림 Ⅷ-30 수소 연료 전지 버스



그림 Ⅷ-31 칼 벤츠가 만든 최초의 자동차



그림 Ⅷ-32 오늘날의 자동차

자동차의 예에서 알 수 있듯이 인류는 자연에 대한 호기심과 더 나은 생존 방식을 찾기 위하여 끊임없는 탐구를 통해 과학 기술을 발전시켜 왔다. 또한 현재의 문제점과 한계를 해결하려는 노력을 통해 새로운 발명과 발전을 이루어 내었다.

앞으로의 사회는 새로운 기술이 기존의 기술과 만나 또 다른 기술을 만들어 내는 기술 융합 현상이 두드러질 것이다. 현재에도 정보 통신, 생명 공학, 나노 기술 등의 첨단 분야에서 융합이 빠르게 일어나고 있으며, 상상 속에서나 가능했던 일들이 현실로 나타나고 있다. 또한 디지털 기술이 발전하면서 급속한 세계화가 진행되어 세계는 무한 경쟁 시대에 돌입하였다.

빠르게 진행되는 변화 속에서 과학 기술을 어떻게 발전시키느냐에 따라 미래 사회는 더 심각한 위기에 빠질 수도 있을 것이고, 인류의 희망이 될 수도 있을 것이다.

그렇다면 인류의 희망이 될 수 있는 과학 기술에는 어떤 것이 있을까?

잠깐 체크 기술과 기술이 만나 또 다른 기술을 만들어 내는 현상을 무엇이라고 하는가?

3. 첨단 과학과 미래 생활 379

## 과학 돋보기

### ❀ 미래 사회의 전개 방향과 우리나라에 미칠 영향

(1) **환경과 자원 문제 심화** 에너지와 자원 부족 심화, 환경오염에 따른 건강 위협 등

(2) **지식 기반 사회의 진전과 글로벌화** 세계 경제의 일원화 · 동조화 심화, 브릭스(브라질, 러시아, 인도, 중국) 성장, 지식 기반 경제 강화, 생산 및 소비 형태 변화 등

(3) **인구 구조의 변화** 선진국의 고령화와 개발 도상국의 청년화, 도시화의 지속과 메가시티(인구 1,000만 명 이상의 초대형 도시) 간 경쟁 심화, 노동 시장 변화 등

(4) **과학 기술 융합의 가속화** 바이오 기술과 나노 기술의 실용화 진전 및 융합 현상 가속화 등

(5) **새로운 안보 이슈 등장** 종교적 · 문화적 · 역사적 갈등 지속, 테러 위협 증가 등

### ❀ 첨단 과학 기술로 나타날 수 있는 문제점

(1) 고도화된 네트워크 시스템에 의한 인간의 사생활 침해

(2) 사이버 테러에 의한 사회 시스템 마비 우려

(3) 나노 입자의 높은 반응성과 침투성에 따른 인간의 건강 위협

(4) 유전자 변형 생물(GMO)의 안전성, 생명 공학의 발전에 따른 윤리 문제

## 학습 자료실

### ❀ 과학 기술 발전을 위한 전제 조건

과학 기술이 국가 발전의 핵심 요소로 자리 잡기 위해서는 정치, 경제, 사회, 교육 등 각 사회 분야의 안정과 발전이 전제되어야 한다. 정치 분야에서는 남북한의 평화가 정착되는 것이 중요하다. 국가의 안전이 위협 받는다면 과학 기술을 통한 선진 한국 건설은 멀어질 것이다. 경제 분야에서는 양극화에 따른 빈부 격차의 심화가 해소되어야 한다. 사회 분야에서는 다문화 사회로의 전환에 대비해야 한다. 국가 구성원 사이의 갈등이 심해져 경제적 · 사회적 불안정 상태가 지속된다면 과학 기술의 발전을 위한 지속적인 지원 시스템도 흔들릴 것이다. 교육 분야에서는 창의적 인재 양성을 위한 교육 시스템의 변화가 필요하다. 우수한 과학 기술 인력을 키워 내는 교육 시스템은 국가 경쟁력을 강화시킬 것이다.

### ❀ 우리나라 과학 기술의 역사와 위상

우리나라의 과학 기술 정책은 국가 R&D의 양적, 질적 성장을 바탕으로 주력 산업 분야에서 세계적인 경쟁력을 확보하였다.

1960년대에는 경제 개발 5개년 계획을 추진하였고, 1970년대에는 중화학 공업의 육성하였으며, 1980년대에는 자체 기술 개발 능력을 배양하기 위한 선진국 추격형 정책을 추진하였다. 1990년대에는 지식 정보화 사회 진입에 따른 신기술 개발에 집중하였으며, 2000년대에 들어와서는 과학 기술 혁신을 통한 가치 창조형 경제로의 전환을 도모하고 있다. 우리나라는 2006년을 기준으로 조선은 세계 1위, 자동차는 5위, 반도체는 3위 등 높은 세계 시장 점유율을 유지하고 있다. 또 2009년 과학 경쟁력은 세계 3위, 기술 경쟁력은 세계 14위에 오르면서 세계적으로도 과학 기술 선진 국가로 평가받고 있다.

**잠깐 체크**

기술 융합 현상_ 앞으로의 사회는 기술 융합 현상이 두드러질 것이다.

## 탐구 활동 | 미래 생활에 영향을 줄 신기술 | 조사, 발표

**목표**

미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지 근거를 들어 제시하고 미래 생활을 예측할 수 있다.

**과정**

우리나라 정부에서는 2040년 무렵을 예상하여 2010년에 발표한 '과학 기술 미래 비전'을 통해 다음과 같이 네 영역에서 미래의 핵심 신기술 25가지를 선정하였다.

| 영역 | 미래의 핵심 신기술 |
|---|---|
| 자연과 함께하는 세상 | 신 · 재생 에너지 기술, 고효율 에너지 기술, 폐자원 재활용 및 광물 자원 기술, 기후 변화 감시 · 대응 기술, 오염원 발생 방지 · 관리 및 생태 위해성 평가 기술, 온실가스 저감 기술 |
| 풍요로운 세상 | 첨단 기능 소재 기술, 제조업 생산 로봇 기술, 첨단 농업 생명 공학 기술, 신기술 융합 제조 · 생산 기술, 친환경 첨단 물류 기술, 지식 서비스 산업 관련 기술 |
| 건강한 세상 | 신개념 의약 기술, 뇌 연구 및 뇌 질환 치료 기술, 실버 산업 및 U-Health 기술, 신종 전염병 대응 기술, 유해성 물질 관리 기술, 안전한 생활 환경 구축 기술, 미래전 대비 군사 기술 |
| 편리한 세상 | 유비쿼터스 컴퓨팅 기술, 새로운 미디어 콘텐츠 기술, 가상 현실 기술, 서비스 로봇 기술, 안전하고 쾌적한 공간 개발 기술, 새로운 운송 수단 기술 |

**결과**

1 위의 신기술 중 한 가지를 정하여 신기술의 필요성과 특징, 원리, 미래 우리 생활에 미칠 영향 등을 다양한 관점에서 근거를 들어 조사해 보자.

2 신기술로 인류의 미래 생활이 어떻게 달라질지 조사한 자료를 발표하고, 미래 생활을 예측해 보자.

**해석** 창의 · 인성

신기술로 달라질 미래 생활을 상상하여 그려 보자.

380 Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 탐구 활동 | 조사, 발표

### 목표

미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지 근거를 들어 제시하고 미래 생활을 예측할 수 있다.

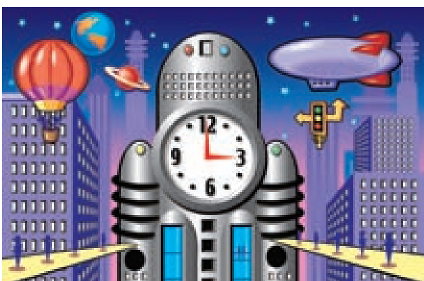
### 결과

1 예시_ 첨단 기능 소재 기술, 최근 부가 가치가 높은 신소재를 개발하는 나라를 선진국으로 인정하게 되었다. 첨단 기능 소재에는 형상 기억 합금, 초전도체, 광섬유, 엔지니어링 플라스틱, 플라스틱 태양 전지, 바이오센서 등이 있다. 형상 기억 합금은 인공위성의 부품, 인공 심장 밸브 등에 쓰이며, 광섬유는 빛을 머리카락 굵기에 불과한 유리 섬유 속에 가두어 보냄으로써 광섬유 한 가닥에 전화 12,000회선에 해당하는 정보를 전송할 수 있다. 엔지니어링 플라스틱은 금속보다 강한 플라스틱 제품으로서, 자동차나 전기 전자 제품들을 더욱 가볍게 만들 수 있다. 첨단 기능 소재의 개발로 자동차나 비행기의 무게가 감소하면 에너지가 절감되고 소음과 진동도 줄어들 것이다. 또한 첨단 기능 소재로 만들어진 인공 장기, 나노 로봇 등은 건강한 삶을 사는 데에도 도움을 줄 것이다.

2 예시_ 미래에는 에너지가 풍족하고 쾌적한 생활 환경이 조성될 것이며, 주요 질병에 대한 진단과 치료 기술들을 확보하여 누구나 건강하고 안전하게 생활하는 사회가 될 것이다. 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 로봇 기술을 기반으로 한 디지털 사회가 실현될 것이다.

### 해석 | 창의 · 인성

예시




## 과학 돋보기

### ❀ 신 · 재생 에너지 기술

점점 고갈되어 가는 화석 에너지와 환경 문제를 해결하기 위하여 세계 각국은 친환경적인 신 · 재생 에너지를 발굴하고 있다. 대표적인 기술에는 태양광, 풍력, 조력, 파력, 수소, 핵융합 등이 있다. 그중에서도 태양광 에너지는 2040년에 전 세계 수요의 20 %를 차지할 것으로 전망되고 있다. 또한 앞으로 가동될 것으로 예상되는 우주 태양 발전 시스템은 태양빛을 직접 전달받을 수 있어 발전 효율이 좋다는 장점이 있다.

### ❀ 고효율 에너지 기술

미래에 이루어질 에너지 혁신 기술은 건축에 적용되어 탄소 배출이 없는 제로 탄소 건물, 신 · 재생 에너지를 이용하여 자급자족하는 제로 에너지 건물, 언제 어디서나 자신의 생활 공간을 볼 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 기술 등이 보편화될 것이다. 그리고 운송 기계의 모든 부품을 재활용하는 제로 에미션(zero emission) 기술, 효율적으로 연료를 쓰는 하이브리드 자동차 등이 발전할 것이다. 산업 부문에서는 IT, NT 등과 융합되어 에너지 효율을 높이는 지능형 전력망인 스마트 그리드 기술이 개발될 것이다.

첨단 과학은 미래에 우리가 직면할 환경 문제를 해결하고 풍요롭고 건강하며 편리한 세상을 구현하는 원동력이 된다. 첨단 과학이 미래에 어떤 역할을 하게 될지 알아보자.

**첨단 과학과 깨끗한 생활**

인류는 과학 기술을 발전시켜 왔지만 에너지의 과도한 사용과 자원의 무분별한 개발로 심각한 환경오염과 기후 변화, 생태계 파괴 등의 문제를 초래하고 있다. 이러한 문제점을 해결하고 지속 가능한 발전을 위해서는 자연과 더불어 살아가는 기술이 필요하다.

점점 고갈되어 가는 화석 에너지와 환경 문제를 해결하기 위하여 세계 각국에서는 태양광, 풍력, 수소 연료 등과 같은 친환경적인 신·재생 에너지 기술을 개발하고 있다. 탄소 배출이 없거나 에너지를 자급자족하기 위한 고효율 에너지 기술, 생활 폐기물을 자원으로 탈바꿈시키는 폐자원 재활용 기술, 기후 변화에 따른 재해를 사전에 방지하고 대비하는 기후 변화 감시·대응 기술과 이산화 탄소 발생 원인을 줄이고 탄소 배출을 관리하기 위한 온실기체 저감 기술 등은 인류가 개발해야 할 미래의 중요한 신기술이다. 또한 깨끗한 자연을 유지하거나 오염된 자연을 살리기 위한 오염원 발생 방지 및 관리 기술도 매우 중요하다.

그림 Ⅲ-33 풍력 발전

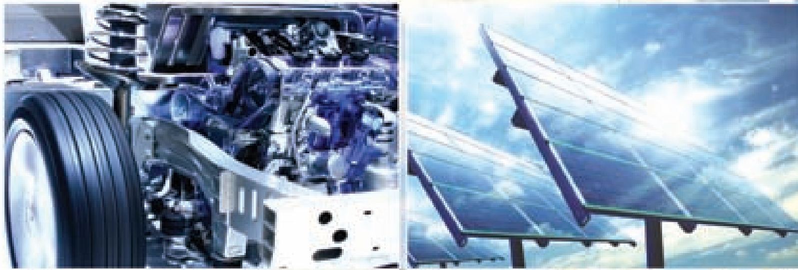


그림 Ⅲ-34 수소 연료를 이용한 자동차의 내부

그림 Ⅲ-35 태양광 발전

3. 첨단 과학과 미래 생활 381

### ❀ 폐자원 재활용 및 광물 자원 기술

화석 연료의 고갈과 환경 규제의 강화에 따라 청정 기술의 필요성이 높아지고 있다. 특히 재활용 기술을 통해 폐기물에서 금이나 은, 구리 등을 추출하는 신개념 자원 회수 방법인 도시 광업이 주목을 받고 있다. 지하 자원 개발 기술도 더욱 발전하여 항공기 혹은 인공위성에서 취득한 정보를 통해 지하 100 m의 심층 지질 구조를 분석하는 기술이 구현될 것이다. 또한 바닷물에서 우라늄을 채취하며, 우주의 소행성에서 필요한 자원을 채굴하는 우주 개척자 시대가 다가올 것이다.

### ❀ 기후 변화 감시·대응 기술

전 세계적 온난화로 인한 자연재해로 경제적 피해가 증가하고 있다. 이에 따라 기후 변화에 따른 재해를 사전에 방지하는 기술이 개발되고 있다. 2020년까지는 예보 정확도가 80 %이상 되는 2주 이상의 장기 예보가 상용화될 것이다. 또 위험 기상의 초정밀 감시 및 예측뿐만 아니라 10년 규모의 맞춤형 기후 예측 자료가 제공됨으로써 기상 재해로 인한 인명 피해나 재산 피해가 현저하게 줄어들 것이다. 그 밖에 인공 강우 및 강설 조절 기술이 실용화되어 가뭄 해소나 안개 제거, 인공 증설 등 재해 예방과 여가 활동에 도움을 줄 것이다.

### ❀ 온실기체 저감 기술

중국과 같은 후발 개발 도상국이 비약적으로 성장함에 따라 탄소 거래 시장의 급속한 성장이 예상되고 있다. 특히 온실기체의 주범인 이산화 탄소의 경우 전 세계적인 규제 대상이 될 것이다. 미래에는 국가 경제를 발전시키기 위하여 자국에 할당된 탄소 배출권 이상은 다른 나라에서 사와야만 한다. 이러한 탄소 거래 시장은 이산화 탄소의 포집 및 저장 기술을 가진 나라에 의해 주도될 것이다.

이산화 탄소를 쓰는 탄소 소재의 실용화로 포집 및 저장된 이산화 탄소를 다각적으로 사용하는 기술과 화석 연료인 석탄의 깨끗한 이용으로 이산화 탄소 발생 원인을 줄이는 차세대 발전 기술, 수소를 뽑아내는 기술 등이 개발되고 있다. 미래 우리나라는 이러한 기술을 이용하여 할당된 탄소 배출권보다 적게 쓰고 잉여 배출권을 수출하는 나라로의 도약이 가능할 전망이다.

### ❀ 오염원 발생 방지·관리 및 생태 위해성 평가 기술

미래에는 깨끗한 자연을 유지하고 과거에 오염된 자연을 되살리는 기술이 더욱 발달할 것이다. 부족한 물 자원을 해결하기 위해 해수를 담수로 만드는 기술이 상용화되고, 온실기체를 줄이는 기술과 측정하는 기술이 개발되어 안심하고 호흡하는 세상이 올 것이다. 또한 우라늄을 흡수하는 해바라기, 기름을 흡수하는 토끼풀 등 토양 오염 방지를 위해서 식물 뿌리의 흡수력을 이용하려는 다양한 기술들이 개발될 것이다.



우라늄을 흡수하는 해바라기

과학 돋보기 

### ❀ 첨단 기능 소재 기술

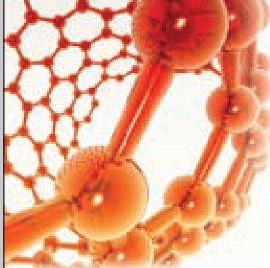
1 nm는 10억분의 1 m로 사람 머리카락 굵기의 10만분의 1에 해당한다. 이처럼 작은 원자나 분자를 직접 조작하여 새로운 물질을 만드는 기술이 신소재 나노 기술이다. 이 기술은 에너지, 환경, 정보 전자, 생명 의료 분야의 발전에 바탕이 된다. 찌그러져도 다시 펴지는 친환경 스마트 표면 처리 강판과 휘어지는 모니터용 플라스틱 기판 등은 상상력과 기술이 결부된 신소재들이다. 미래에는 극저온 및 초고온에서 동시에 견딜 수 있는 소재가 개발되어 극지 개발이 더욱 쉬워질 것이고, 질병을 일으키는 바이러스도 나노 기계로 치료할 수 있을 것이다.

### ❀ 첨단 농업 생명 공학 기술

농작물 자동화 시스템과 대규모 노지 재배 시설, 무인 재배 생산 등의 개발로 미래 우리나라 농업은 개인 맞춤형과 대규모 도심 농장이 대표적인 상품이 될 것이다. 또한 식량 농업 분야는 유전 공학의 발전과 더불어 잉여 농산물의 수출과 다양한 신품종 농작물의 출현이 예상된다. 이것은 분자 육종 기술로 만든 작물 개발로 실현될 것이다. 특히 유전자 변형 작물은 식량을 포함한 바이오 에너지, 기능성 신소재 등에 이용되는 작물로 다양한 개발이 가능하다.

### ❀ 신기술 융합 제조 · 생산 기술

미래의 생산 시스템은 친환경 시스템이다. 고부가 가치의 자원 절약형 제조 기술로 탄생한 제품은 소재의 재활용이 쉽고, 가상 제조 기술을 활용한 다품종 소량 생산으로 개인별 맞춤 생산이 가능하다. 또한 정보 통신 기술의 발달로 원료 생산지에서 더욱 저렴한 가격으로 부품을 만들어 각국의 소비자의 취향에 맞도록 조립 생산하는 공장이 생길 것이다. 이러한 공장은 소비와 유통이 원활하여 재고가 없고, 신제품의 주기도 단축될 것이다. 또 나노 바이오 기반의 제품 융합 생산 시스템으로 제품의 크기는 줄어들고 내구성은 더욱 강화된 제품이 나올 것이다.



❸ 그림 Ⅷ-36 탄소 나노튜브_ 탄소 원자들이 육각형 벌집 모양으로 결합되어 관 모양을 이루고 있는 신소재이다.

**첨단 과학과 풍요로운 생활**

21세기 초반에 나타난 전 세계적인 고령화는 생명 과학의 발전으로 더욱 급속도로 진행되고 있다. 고령화는 경제 활동 인구를 감소시켜 국가 발전의 장애 요소가 될 수도 있다. 이러한 문제를 해결하고 더욱 풍요로운 세상을 만들기 위한 첨단 기술에는 어떤 것이 있을까?

나노 기술로 대표되는 첨단 기능 소재 기술은 에너지, 환경, 정보 전자, 생명 의료 분야 등에서 이미 상당한 수준에 도달하고 있다. 출산 인구 저하와 노령 인구의 증가로 부족해진 노동력은 로봇이 대체할 수 있는데, 여기에 필요한 기술이 생산 로봇 기술이다. 첨단 농업 생명 공학 기술은 개인별 맞춤형 농작물 생산과 도심 농장을 가능하게 하고, 신기술 융합 제조 · 생산 기술을 통해 고부가 가치의 다품종 소량 생산과 내구성이 더 강해진 제품의 생산도 가능하게 된다. 친환경 고효율의 대량 화물 운송, 무인 자동 배송 시스템 등을 위한 친환경 첨단 물류 기술 또한 노동력을 대신하기 위해 필요한 기술이다. 웹을 기반으로 한 지식 시장의 활성화, 인공 지능형 정보 검색을 돕는 지식 서비스 산업 관련 기술도 풍요로운 생활을 실현하는 데 중요한 핵심 기술이다.

❸ 그림 Ⅷ-39 도심의 식물 공장



❸ 그림 Ⅷ-37 로봇 팔

❸ 그림 Ⅷ-38 무인 전철

382 Ⅷ. 과학과 인류 문명

### ❀ 친환경 첨단 물류 기술

효율성, 안전성, 친환경성을 갖춘 미래의 물류는 물류 환경의 개선이 관건이다. 먼저 최단 거리 운반을 위한 신규 항로 개설과 친환경 고효율의 대량 화물 운송이 개발되고, 주거 시설에 설치된 튜브 · 컨베이어 무인 자동 배송 시스템으로 에너지 절약과 편리성이 증대될 것이다. 또한 정보 통신 기술과 접목한 물류 정보 매체(RFID)는 완전 자동화, 무인화되고, 화물의 위치와 상태를 언제든지 추적하여 실시간으로 정보를 제공할 것이다. 미래 우리나라 지하 세계는 소형 물류를 담당하는 튜브들과 대형 물류를 옮기는 컨베이어로 가득 차고, 대도시의 항만과 공항은 거대 물류 거점이 되어 튜브와 컨베이어에서 쏟아 내는 물류를 24시간 무인 자동화된 시스템으로 처리하며, 이를 통해 전 세계 각지로 끊임없이 배달될 것이다.

### ❀ 지식 서비스 산업 관련 기술

미래에는 유비쿼터스 환경에 의해 개인의 아이디어나 정보가 돈으로 환산되어 이를 사고파는 지식 시장이 활성화될 것이다. 워터마크, DNA 필터링 등과 같은 차세대 디지털 저작권 보호 장치 등으로 개인의 블로그와 홈페이지가 보호되며, 지금의 단순한 단어 검색은 인공 지능형 정보 검색으로 변화될 것이다.

### 첨단 과학과 건강한 생활

사람은 누구나 건강하고 안전하게 생활하기를 희망한다. 그렇게 되기 위해서는 주요 질병에 대한 진단과 치료 기술들을 확보하고 생활 안전은 물론 재해, 재난으로부터 안전해야 하며, 테러 및 전쟁으로부터도 안전한 사회를 구현할 수 있어야 한다.

미래에는 생명 공학과 의료 공학의 융합으로 개인 맞춤형 질병 예방과 치료가 가능해질 것이다. 또 인공 장기의 보편화로 장애인 비율은 감소하고 수명은 획기적으로 증가하게 될 것이다. 이와 관련된 기술을 신개념 의약 기술이라고 한다. 정신 질환 및 노인성 질환 치료는 뇌 연구 및 뇌 질환 치료 기술을 통해 해결될 것으로 전망되며, U-Health 기술을 통한 원격 수술, 나노미터 크기의 로봇에 의한 질병 치료, 실버 산업을 통한 의료 및 건강 서비스 등은 고령화 사회에서도 건강한 삶을 사는 데 도움을 줄 것이다.

그 밖에도 신종 전염병 대응 기술, 새로운 유해성 물질에 대한 관리 기술, 안전한 생활 환경 구축 기술, 전쟁을 사전에 예방하는 미래전 대비 군사 기술 등도 건강하고 안전한 생활을 하는 데 꼭 필요한 기술들이다.



그림 Ⅷ-40 인공 심장_ 독자적으로 심장의 기능을 수행할 수 있다.



그림 Ⅷ-41 나노 로봇_ 나노미터 크기의 로봇으로서, 혈관 속을 따다니며 질병을 치료하는 데 이용할 수 있다.



그림 Ⅷ-42 U-Health_ 보건 의료와 정보 통신을 연결하여 언제 어느 곳에서나 진단, 치료, 예방, 사후 관리의 보건 의료 서비스를 받을 수 있는 원격 의료 서비스이다.



그림 Ⅷ-43 로봇 수술_ 원격 조종 장치로 로봇을 조종하여 시행하는 수술 방법이다.

3. 첨단 과학과 미래 생활 383

### ❀ 신개념 의약 기술

미래 의학은 생명 공학과 의료 공학이 융합되어 개인 맞춤형 질병 예방과 의약 치료가 가능하게 될 것이다. 특히 개인별 맞춤 의료는 오믹스(Omics) 과학 기술의 적용으로 획기적인 전기를 맞이하게 될 것이다. 선천적, 후천적 요인의 상관관계를 밝혀 이를 응용한 맞춤 치료가 가능하며, 약물 유전학에 의한 신개념 의학도 현실화될 것이다. 또한 나노 기술의 적용으로 바이러스, 암 등의 치료 로봇이 등장하며, 인체에 거부 반응이 없는 대체 인공 장기가 보편화되어 장애인의 비율이 현격히 줄어들 것이다. 이러한 사이보그형 인체와 더불어 줄기 세포를 이용한 장기 재생으로 건강한 삶을 누리고 수명은 더욱 연장될 전망이다.

### ❀ 뇌 연구 및 뇌 질환 치료 기술

미래에 개발될 뇌 지도와 신경망 모델은 뇌의 많은 부분을 밝혀 줄 것으로 예상된다. 우울증, 약물 중독, 정신 분열증과 알츠하이머병 등과 같은 노인성 질환의 치료는 획기적으로 발전할 것이다. 또 인간의 인지 기능이 규명되어 인공 피부, 인공 망막, 인공 안구 등 인공 장기들이 출현할 것이다. 더불어 전자 두뇌의 이식이 가능하여 인간도 컴퓨터와 같은 빠른 계산 능력을 가지게 될 것이다.

### ❀ 실버 산업 및 U-Health 기술

미래에는 개인의 특성에 따른 질병 예측, 장기 재생 등을 통해 수명이 연장될 것이다. 미래 대체 장기 은행은 혈액 은행과 유사한 기능으로 낡은 장기를 교체하는 업무를 담당하며, 로봇 산업이 발달하여 의료 전문 로봇이 제작되고, 24시간 도우미 로봇을 통한 간병 서비스가 제공될 것이다. 또한 특수 의료(원격 수술 등) 기술과 마이크로 또는 나노 미터 크기의 로봇이 신체 내부를 돌아다니며 청소하는 기술이 개발될 것이다. 그 밖에 장애인 또는 노인들을 위한 개인 신체 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 랩온어칩(생물학적 · 화학적 분석이 가능하도록 실험 장치를 갖춘 반도체 크기의 작은 칩)이 개발되어 상용화될 전망이다.

### ❀ 신종 전염병 대응 기술

미래에는 전염병의 신속한 대응을 위해 통계 기법을 이용하여 위험 지역을 찾아내고 예방 및 치료 약을 만드는 기술이 개발될 것이다. 이것은 앞으로 일어날 전염병 발생에 대비하고, 유전자 변이와 변이가 왜 일어나는지 그 원인을 밝혀내는 기술이다. 이와 함께 전염병이 국내로 유입되었을 때 이를 조기에 감지하여 확산을 방지하고, 감염자와 보균자가 스스로 진단할 수 있는 간이 장비를 개발하여 보급할 것이다. 또한 미래에는 슈퍼박테리아에 대한 백신 개발과 치료가 가능할 것이다.

### ❀ 유해성 물질 관리 기술

환경과 인간에 해로운 유해 물질에 대한 국제적인 규제와 관심이 늘어나고 있다. 미래에는 나노 물질, 전자파 등 과학 기술의 부산물로 나온 새로운 유해 물질을 차단하고 관리하는 기술이 개발될 것이다. 또한 생명 공학 기술의 발달로 사막에서 자라나는 식물이 개발되어 봄철 황사가 줄어들 전망이다. 2030년에는 식품의 생산에서 소비까지 유전자 칩을 활용하여 제품의 신선도는 물론 유통 과정까지 일목요연하게 알게 되고, 분광 센서를 이용한 식품 유해 물질 감지도 가능해질 것이다.

### 첨단 과학과 편리한 생활

미래 사회는 현실 공간과 사이버 공간이 융합되고 무선 네트워크와 인공 지능 기술이 디지털 기술과 결합하여 생활이 획기적으로 편리해질 것으로 예측된다.

유비쿼터스 컴퓨팅 기술은 개인용 휴대 기기를 이용하여 가정의 모든 기기가 원격으로 작동하고 로봇과 가상 아바타를 작동시켜 자신을 대신하여 업무를 처리할 수 있게 해 준다. 새로운 미디어 콘텐츠 기술과 가상 현실 기술을 통해 교통 정보, 기후 정보, 환경 정보 등을 초고속으로 제공받거나 해저 공간 체험, 우주 엘리베이터를 통한 우주 여행 등 현실에서는 불가능한 일을 구현할 수 있을 것이다.

또한 서비스 로봇 기술의 발전으로 가사나 학습 도우미 로봇 등의 보급이 확대될 것이다. 안전하고 쾌적한 공간 개발 기술로 지상 1,000 m 이상의 친환경 첨단 건물의 등장이 가능해질 것이며, 자기 부상 열차, 진공 터널을 이용한 고속 물류 운송 튜브망 등 새로운 운송 수단 기술로 사람과 화물이 더욱 빠르고 효율적으로 이동할 수 있을 것이다.

그림 Ⅷ-44 우주 엘리베이터 상상도

그림 Ⅷ-45 미래 도시의 상상도

진공 터널

가정용 로봇

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- | --- |
| | 건강한 생활을 위해 필요한 미래 신기술에는 어떤 것들이 있는가? | 생명 과학의 발전으로 수명이 연장되었을 때 발생하는 문제점에는 어떤 것이 있을까? | 첨단 과학 기술과 관련된 대학의 학과에 대해 알아보자. |

384 Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

신개념 의약 기술, 뇌 연구 및 뇌 질환 치료 기술, 실버 산업 및 U-Health 기술, 신종 전염병 대응 기술, 유해성 물질 관리 기술 등

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

수명이 연장되면 생길 수 있는 대표적인 문제점은 고령화이다. 고령화는 산업 인구 감소, 노인 부양비 증가, 세대 간 갈등, 독거노인 등 다양한 문제로 이어질 수 있다.

### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

첨단 과학 기술과 관련된 학과는 정보 통신 기술, 생명 공학 기술, 나노 기술, 문화 콘텐츠 기술, 환경 공학 기술, 우주 항공 기술 등과 관련된 분야를 공부하고 연구하는 학과이다. 그 예로 생명 공학과, 천문 우주 과학과, 반도체학과, 신소재 공학과, 고분자 공학과, 로봇 공학과, 전기 전자 공학과, 기계 공학과, 컴퓨터 공학과, 환경 공학과 등이 있다.




### ❀ 유비쿼터스 컴퓨팅 기술

미래의 유비쿼터스 세상에서는 개인용 휴대 기기를 이용하여 집의 모든 기기를 원격으로 작동하며, 로봇과 가상 아바타를 작동시켜 자신의 업무를 대신 처리할 수 있을 것이다. 이를 위하여 다양한 무선 네트워크 기술과 인공 지능 기술들이 개발되고 있다. 개인의 상황과 감정을 구현하는 생활 지원 지능형 에이전트 기술, 일상생활을 휴대 기기에 자동으로 저장하고 관리하는 기술, 자동 신원 인식 시스템 등이 개발되고 있으며, 늘어나는 컴퓨팅 기술을 위해 대규모 저장 장치가 개발되고 있다. 또한 나노 로봇 크기의 '스마트 더스트' 등 일상생활을 관찰하여 최적의 환경으로 만들어 주는 기술로 더욱 편리한 세상이 열릴 것이다.

### ❀ 새로운 미디어 콘텐츠 기술

미래의 미디어는 유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 발전과 개인용 휴대 기기의 발전으로 더욱 다양화되고 새로워질 전망이다. 대표적인 기술로 위치 기반 서비스를 들 수 있다. 위치 기반 서비스는 개인 단말기가 사용자의 현재 위치를 파악하여 사용자가 요구하는 교통 정보나 기후 정보, 환경 정보, 행정 정보 등을 초고속 정보 통신망을 통해 제공하는 것이다. 또 실제 촉감까지 전달되는 입체 디스플레이가 개발되고, 모션 인식 기술이나 터치폰 기술, 모션 모델링 기술 등이 새로운 미디어로 가는 길을 열어 줄 것이다.

### ❀ 가상 현실 기술

인류는 우주와 더불어 가상 세계라는 미지의 영역을 탐구하고 있다. 가상 세계에서는 현실에서는 불가능한 일을 컴퓨터를 이용하여 만들거나 구현할 수 있고, 현실과 똑같은 모습으로 생활할 수 있다. 미래에는 세계 각지의 유명 관광 명소뿐만 아니라, 역사 속 유명 사건이 일어난 공간과 우주나 해저와 같은 공간을 체험할 수도 있을 것이다. 그리고 현실 세계의 자신을 나타내는 아바타가 보편화될 것이다. 개인형 아바타는 학습 능력이 있으며, 가상 세계의 화폐를 이용하여 물품을 사고팔며, 건물을 만들고 자신만의 콘텐츠를 이용한 사업을 할 수도 있다.



# 생명의 마술, 생명 공학자

생명 공학은 생명의 원리를 이용하여 응용 기술을 창출하려는 새로운 산업 분야를 말한다.

생명 공학은 농업에서의 품종 개량과 유전 공학 등에 뿌리를 두고 있다. 관련 기술로는 유전자 조작, 생물 복제, 줄기세포, 생체 조직 재생 등이 있다.

유전자 재조합 기술을 이용하면 인체에는 극히 미량밖에 만들어지지 않는 물질을 대량으로 생산할 수 있다. 이 기술로 만들어진 당뇨병 치료제인 인슐린과 항암 물질인 인터페론 등은 이미 상용화되었다.



❶ 조직 배양으로 품종을 개량하는 모습

또 최근에는 생명 과학 기술을 이용하여 각종 형질 전환 동물을 만들고 있다. 2009년 9월에는 장기 이식 시 면역 거부 반응을 방지할 수 있는 인간의 유전자를 두 개 가진 형질 전환 복제 돼지 '복마니'가 태어났다. 따라서 앞으로 난치병으로 고통받는 환자들에게 효능이 높은 치료제나 치료용 이식 장기를 공급함으로써 더욱 많은 환자가 혜택을 볼 수 있을 것으로 기대된다.

생명 공학은 생명 과학에 근본을 두고 있으므로 생명 공학자가 되기 위해서는 이들 영역에 대하여 깊이 있게 전공하는 것이 필요하다. 또 생명 공학은 생명 과학을 바탕으로 여러 가지 학문이 복합적으로 결합되어 있으므로 연구자들은 여러 분야에 대하여 열린 마음을 가져야 한다. 실제 생명 공학에 종사하는 대부분의 연구자는 실험실이라는 특수한 곳에서 대부분의 시간을 보내며 끊임없이 실험과 분석 과정을 반복하므로 정확한 분석력과 본인의 업무에 대한 열정이 필요하다.



❷ 핵이식 ❸ 복마니

3. 첨단 과학과 미래 생활 385

❀ 서비스 로봇 기술

현재 초기 단계에 있는 착용형 로봇은 점차 사이보그 형태로 진화될 것으로 예상되며, 장애인, 군인, 고위험 · 고난도 작업자 등에게 먼저 보급될 것이다. 이처럼 우리나라가 집중적으로 육성하는 지능형 로봇 기술은 미래의 노동, 경제, 생활 등에 파급 효과가 매우 클 것으로 예상된다.

❀ 안전하고 쾌적한 공간 개발 기술

미래 도시에는 지상 1,000 m 높이의 친환경 인텔리전트 건물들이 많아질 것이며, 지하에는 대규모 공장이 들어서고, 대규모 해상 도시가 등장할 것으로 예상된다. 이것은 초경량 · 고강도 건축 소재 기술과 친환경 건설 기술의 발달로 실현될 것이다.

❀ 새로운 운송 기술

미래에는 목적지만 입력해도 자동으로 운전하는 자동 운전 시스템, 교통 사고와 체증을 예방하는 도로 인프라 기술 등이 나타날 것이다. 또한 진공 터널을 이용한 대량 물류 시스템이 상용화되면서 값싸고 질 좋은 상품을 소비자에게 빠르게 공급할 수 있을 것이다.

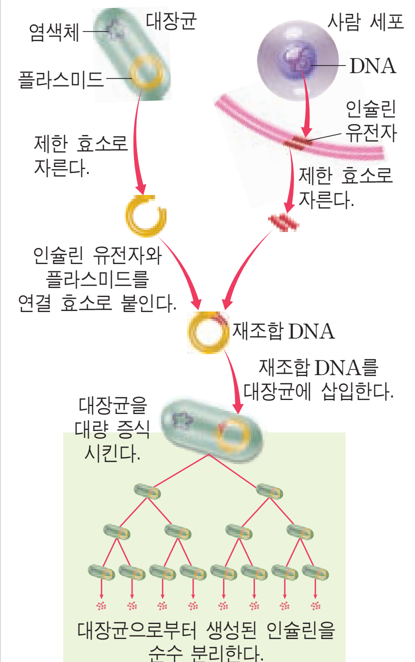


❀ 유전자 재조합

한 생물의 유용한 유전자를 다른 생물의 DNA에 삽입하여 재조합 DNA를 만든 후 유용한 물질을 합성하게 하는 기술을 유전자 재조합이라고 한다. 유전자 재조합 기술로 만들어진 의약품 중의 하나가 인슐린이다.

사람의 인슐린 유전자를 가지고 있는 DNA 조각과 대장균의 플라스미드를 이용하여 재조합 DNA를 만든 다음, 분열 속도가 빠른 대장균에 삽입하여 배양하면 인슐린을 대량 생산할 수 있다. 요즈음에는 이러한 기술을 이용하여 성장 호르몬, 혈전 치료제, 인터페론 등의 의약품을 대량 생산할 수 있게 되었다.

한편, 미세한 관을 이용하여 세포 속으로 특정 DNA를 직접 주입하는 유전자 주입술도 이용되고 있다. 쥐의 수정란에 성장 호르몬 유전자를 주입하여 만든 슈퍼 마우스, 빈혈 치료제를 만드는 돼지인 새롬이 등이 이 기술을 이용하여 만들어졌다. 이러한 유전자 조작 기술을 이용해 본래의 것과 다른 유전적 특징을 갖게 된 생물을 형질 전환 생물이라고 한다.




❹ 인슐린의 생산 과정

# 1-4 과학이 우리 생활에 미치는 영향

## | 학습 내용 안내 |

(1) 과학이 사회와 문화 예술, 환경 등 우리 생활에 미치는 영향을 안다.

(2) 과학의 발전으로 인한 문제점을 해결하기 위한 방법에 대하여 안다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 도로와 교통 수단의 발전이 우리 생활과 환경에 미치는 영향에 대해 토의하게 한다.



유전자 변형 작물에 대하여 토론해 보게 하고, 과학의 발전과 함께 사회적 쟁점이 되고 있는 사례를 조사하게 한다.



과학이 사회와 문화, 환경에 미치는 영향을 조사하여 발표하게 한다.



과학의 발전으로 생기는 문제점을 해결하기 위한 방안에 대하여 논의하고 발표하게 한다.

**찾아보기**

- 과학이 발전하면 더 행복해질까(2006), 에티엔 클렝 저, 지선경 역, 민음in
- 환경 WHY(2009), 허순봉 저, 김강호 그림, 예림당

## | 관련 지식 |

### ❀ 로드킬(road kill)

야생 동물이 도로를 횡단하다가 차량과 충돌해 죽거나 다치는 현상을 말한다. 2007년부터 2010년까지 로드킬로 희생된 동물은 모두 1만 840마리 정도이며, 여기에는 멸종 위기 종인 삵, 산양 등도 포함되어 있다.

Ⅷ 과학과 인류 문명

# 1-4 과학이 우리 생활에 미치는 영향

**학습 목표**

- 과학이 사회와 문화 예술, 환경 등 우리 생활에 끼치는 영향을 설명할 수 있다.

과학과 기술이 발달하면서 인류의 활동 영역은 매우 넓어졌다. 곳곳에 건설된 도로는 우리를 몇 시간 안에 어느 곳이나 편히 갈 수 있게 해 준다. 하지만 사람이 빠르고 편리하게 다니기 위해 만든 길 때문에 동물들은 생활 영역이 가로막히고 심지어 도로를 가로질러 가다가 죽기도 한다. 사람이 좀 더 빠르게 다니기 위해 만든 도로가 그곳을 지나가는 동물들에게는 죽음의 도로인 셈이다.

사람과 동물이 공존하기 위해서는 어떻게 해야 할까?

과학의 발전은 우리 생활을 매우 풍요롭고 편리하게 해 주지만 그에 따라 사회, 문화, 환경 등 여러 분야에서 많은 문제점이 나타나고 있다. 이러한 문제들을 살펴보고 그 해결 방법을 생각해 보자.



❸ 그림 Ⅷ-46 생태 육교_ 동물들이 다닐 수 있도록 만든 생태 육교는 동물들과 사람들이 공존하기 위한 역할을 하고 있다.

386 Ⅷ. 과학과 인류 문명





### ❀ 유전자 변형 작물

**(1) 찬성 의견**

① 미래에 인류가 직면할 식량 문제를 해결할 수 있다.

② 과일과 채소의 숙성을 지연시켜 맛과 신선도를 오래 유지할 수 있다.

③ 작물에 피해를 주는 바이러스나 해충에 대한 저항력을 강화시킬 수 있다.

④ 유전자 변형 작물로 만들어진 대두유, 옥수수유, 카놀라유는 인체에 해로운 지방을 대체할 수 있어 영양적으로도 뛰어나다.

**(2) 반대 의견**

① 유기 농업 및 기존 농업을 회피하는 계기가 될 것이다.

② 환경에 미치는 영향과 인체의 안전성에 대한 장기간의 연구가 부족하다.

③ 한 유전자가 다른 종에 도입되는 경우 독성이나 알레르기 반응이 일어날 가능성이 높아진다.

④ 잡초나 해충이 살충제와 제초제에 내성을 가지게 될 경우 더 강한 저항력을 가진 작물을 개발해야 하고, 더 많은 양의 살충제와 제초제를 사용하게 될 것이다.



## 탐구 활동 | 과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향 | 토론

목·표

과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향을 알아보고, 과학적 이해를 바탕으로 의사 결정을 할 수 있다.

유·의·점

자신의 입장만 주장하지 말고 상대방의 주장에도 귀를 기울여 합리적인 의사 결정을 할 수 있도록 한다.



과정

❶ 다음은 유전자 변형 작물에 대한 기사이다.

> 유전자 변형 작물은 생물체의 유전자 중 필요한 유전자를 인위적으로 분리 · 결합하여 개발자가 목표로 한 특성, 즉 제초제 및 병해충 저항성, 저장성 향상, 고영양 성분 함유 등을 갖도록 한 농산물이나 식품을 말한다.
> 유전자 변형 작물의 대표적인 예로는 뿌리에는 감자가 열리고 열매에는 토마토가 열리게 하거나, 병충해에 강한 식물의 유전자를 다른 식물에 주입하여 재배하는 것 등이 있다. 유전자 변형 작물은 수확량 증대, 품질 향상 등의 장점이 있는 반면, 인체 및 환경에 대한 잠재적 위해성 논란도 제기되고 있다.

❷ 다음은 유전자 변형 작물에 대한 긍정적인 의견과 부정적인 의견이다.

[긍정적인 의견]
- 농부: 유전자 변형 작물은 해충에 대한 저항성이 강해서 농약을 많이 쓰지 않아도 됩니다. 따라서 농사 짓는 데 힘이 훨씬 덜 들고 작물의 수확량이 많아져서 좋습니다.

[부정적인 의견]
- 소비자: 유전자 변형 작물이나 식품을 먹어도 아무런 해가 없는 것인지를 소비자들이 알 수 있도록 더 정확한 자료를 제공하기 전까지는 안심할 수 없습니다.



결과

1 유전자 변형 작물에 대한 각자의 입장을 정리하여 이 작물의 도입을 찬성할지 반대할지 정하고, 그렇게 결정한 이유를 적어 보자.

2 위의 기사 외에 다른 여러 가지 첨단 과학에 대해 떠오르는 긍정적인 단어와 부정적인 단어들을 적어 보자.



해석 창의 · 인성

과학이 발전하면서 사회, 문화 예술, 환경 등 여러 분야에서 문제점이 나타나고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 어떤 노력을 해야 할 지 토론해 보자.

4. 과학이 우리 생활에 미치는 영향 387



## 탐구 활동 | 토론

### 목표

과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향을 알아보고, 과학적 이해를 바탕으로 의사 결정을 할 수 있다.

### 유의점

1 자신의 입장만을 주장하지 말고 상대방의 주장에도 귀를 기울여 합리적인 의사 결정을 할 수 있도록 하며, 토론 과정에서 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

2 정답이 없는 탐구이므로 열린 질문을 하도록 하고, 문제점을 해결하기 위해서 어떤 노력을 해야 할지 생각해 보게 한다.

### 토론 주제 설명

GMO는 '유전자 변형 생물'의 줄임말이지만, 주로 농작물을 대상으로 하기 때문에 '유전자 변형 작물'이라고도 부른다. GMO는 안전성과 경제적인 측면 등에서 과학자와 비과학자 및 환경론자, 소비자와 생산자 사이에서 많은 논쟁이 있다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

과학의 발전으로 인한 문제 중 사회적 쟁점이 되고 있는 사례를 한 가지 정하여 모의 재판 형식으로 수업을 진행할 수도 있다.

### 결과

1 유전자 변형 작물에 대한 입장을 정하고 그렇게 결정한 이유를 적어 본다.

2 긍정적인 단어: 질병 치료, 생명 연장, 기술 혁신, 생산성 향상, 편리한 생활 등
부정적인 단어: 환경오염, 생태계 파괴, 지구 온난화, 전쟁, 자원 고갈 등

### 해석 | 창의 · 인성

과학 기술 발전에 대한 맹목적인 믿음이 아닌 사회 여러 분야에 미치는 영향을 사전에 분석하고 진단하여 대응 방안을 제시해야 한다. 또한 과학의 윤리성과 안전성을 강화하고 부작용을 최소화하는 등의 과학 기술의 사회적 책임성을 확대해 나가야 한다.

### 평가 기준표

| 평가 문항 | | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 결과 | 1. 유전자 변형 작물에 대한 자신의 생각을 논리정연하게 이야기하고 있는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 상대방의 주장에 귀를 기울여 합리적인 의사 결정을 하고 있는가? | □ | □ | □ |
| | 3. 유전자 변형 작물에 대한 각자의 주장에 일관성이 있는가? | □ | □ | □ |
| | 4. 첨단 과학에 대해 떠오르는 긍정적인 단어와 부정적인 단어를 제시하고 있는가? | □ | □ | □ |
| 해석 | 과학의 발전으로 나타나는 문제점을 해결하기 위한 방안들을 적절하게 제시했는가? | □ | □ | □ |

## | 관련 지식 |

### ❀ 전자 상거래

좁은 의미의 전자 상거래란 인터넷을 통해 실시간으로 상품을 거래하는 것을 의미한다. 거래되는 상품에는 전자 부품과 같은 실물뿐만 아니라 원거리 교육이나 의학적 진단과 같은 서비스, 뉴스, 오디오, 소프트웨어와 같은 디지털 상품도 포함된다. 넓은 의미의 전자 상거래는 소비자와의 거래뿐만 아니라 공급자, 금융 기관, 정부 기관, 운송 기관 등과 같이 거래에 관련되는 모든 기관과의 관련 행위를 포함한다.

### ❀ 위성 위치 확인 시스템(GPS)

위성에서 보내는 신호를 수신해 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성 항법 시스템이다. 항공기, 선박, 자동차 등의 내비게이션 장치에 주로 쓰이고 있으며, 최근에는 스마트폰, 태블릿 PC 등에서도 많이 활용되고 있다. GPS는 미국 국방부에서 군사용으로 개발한 시스템이다. 그러나 지금은 자신의 위치에서 가장 가까운 관공서, 은행, 음식점 등을 검색할 때 이용하며, 교통 정보나 할인 정보를 찾을 때에도 유용하게 쓴다. 또한 온라인 쇼핑 분야에서는 위치 기반 서비스를 활용하여 소비자의 거주지에 가까운 쇼핑 정보를 제공하고 있다.

### ❀ 최초의 유전자 변형 작물

상업적 목적으로 만들어진 최초의 유전자 변형 작물은 1994년 미국 칼진사의 무르지 않는 토마토 '플레이버 세이버'이다. 플레이버 세이버는 숙성 과정에 작용하는 효소의 발현을 차단시켜 토마토를 붉은색일 때 수확하고 장시간에 걸쳐 옮겨 와도 물러지지 않고 향기까지 오래 유지되었다. 이후 1996년에는 세계적 다국적 기업인 몬산토사에서 제초제 저항성 콩 '라운드업 레디'가 만들어졌다. 이 작물은 재배하기 편리하며 많은 재배자로부터 호응을 얻었으나 제초제의 남용이라는 부작용을 가져 왔다.



❶ 그림 Ⅷ-47 인터넷으로 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

**과학이 우리에게 미치는 영향**

우리가 살아가는 사회는 과학 기술의 발전과 함께 성장해 왔지만, 그와 함께 여러 가지 문제가 발생하기도 한다.

우리는 인터넷을 이용하여 정보를 빠르게 주고받고, 여러 가지 필요한 자료를 쉽게 활용할 수 있게 되었다. 예를 들어 전자 우편이나 온라인 대화를 통해 지구 어느 곳에 있든지 서로 의견을 교환할 수 있고, 전자 상거래를 통해 원하는 물건을 빠르게 구입할 수 있다. 최근에는 스마트폰으로도 인터넷을 이용할 수 있어 그 활용 범위가 점점 넓어지고 있다.



❶ 그림 Ⅷ-48 전자 상거래



❶ 그림 Ⅷ-49 위성 위치 확인 시스템(GPS)

하지만 인터넷의 발달은 익명성이 악용될 가능성이 있고, 개인주의가 만연해질 수 있다. 이 밖에도 바이러스의 유포, 불법 다운로드 등 많은 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 공동체 문화를 살리고, 인터넷이나 SNS 등을 건전하게 이용하는 것이 필요하다.

개인의 위치를 파악할 수 있는 위성 위치 확인 시스템(GPS)은 자동차, 스마트폰 등에 널리 이용되고 있지만, 개인의 사생활 침해 등의 문제를 낳고 있다. 또 유전자 변형 작물이나 유전자 조작 기술 등 과학 기술의 발전은 여러 분야에서 사회적 쟁점이 되기도 한다.

❶ 그림 Ⅷ-50 유전자 조작 기술로 만들어진 생물




388



## 과학 둘러보기

### ❀ 과학 기술의 발전이 가져온 긍정적인 측면

식량 생산의 혁명을 통해 굶주림으로부터 해방되었고, 상수도 보급을 통해 깨끗한 물을 사용할 수 있게 되었으며, 항생제의 발명으로 전염병을 치료할 수 있게 되었다. 또한 의료 기술의 발전으로 평균 수명이 연장되었고, 소재의 발전에 따라 의복과 주거 생활이 향상되었으며, 전기 · 통신 · 교통의 발전으로 편리한 삶을 누릴 수 있게 되었다. 그 밖에도 컴퓨터, 인터넷, 휴대 전화로 생활 환경이 변화되었고 음악, 미술, 연극, 영화, 사진 등으로 다양한 문화적 욕구가 충족되었다.

### ❀ 과학 기술의 발전이 가져온 부정적인 측면

(1) **범지구적 사고** 핵 발전소 사고, 핵전쟁 등
(2) **범지구적 환경 파괴** 산성비, 오존층 파괴, 지구 온난화와 사막화
(3) **지구 자원의 고갈** 석유, 석탄 등의 지하자원 고갈과 담수(지표수, 지하수, 빙하 등) 부족
(4) **생태계 혼란** 남획에 따른 동식물의 멸종, 항생제 남용, 광우병 등 인간이 스스로 초래한 생태적 재앙, 수명 연장에 따른 삶의 질 악화(치매 등)

과학은 우리의 생활뿐만 아니라 문화 예술에도 많은 변화를 가져왔다. 과학의 발달로 영화, 음악, 인터넷 게임을 비롯한 문화 예술 분야에 다양한 변화가 생겼다. 또 이러한 문화 예술을 소비하고 전달하는 매체가 발달함으로써 새로운 문화의 생성, 성장, 소멸의 순환 주기도 매우 빨라졌다.

최근 해외에서 유명해지고 있는 한류는 어느 지역의 문화 예술이 전 지구적으로 빠르게 전파해 나가는 예가 될 수 있다.

그러나 과학의 발전으로 면면히 이어져 오던 전통 문화가 소홀히 취급되고, 급기야 사라지는 전통 문화까지 생겼다.

예전의 아이들은 자치기, 널뛰기, 윷놀이, 쥐불놀이, 강강술래, 연날리기, 팽이치기, 투호 등을 하고 놀았다. 하지만 오늘날의 아이들은 컴퓨터 게임으로 시간을 보내는 경우가 많은데, 이것은 게임 중독이나 인터넷 중독 등 많은 사회적 문제를 불러일으키기도 한다.

그림 Ⅷ-51 과학과 문화의 다양성과 부작용_ 과학의 발달로 문화 예술의 전파 속도도 빨라지고, 외국 문화가 쉽게 국내로 들어오고 있다. 반면, 인터넷에 중독되는 사례가 많아지고 전통 문화가 사라지는 등 부작용도 나타나고 있다.




4. 과학이 우리 생활에 미치는 영향 389

### ❀ 과학과 문화의 공통점

과학이 발전하면 과학적으로 사고하는 과학 정신이 발달하고, 인간 중심의 합리적 문화가 뿌리를 내린다. 과학과 문화의 공통점은 새로운 것을 만드는 창조성에 있다. 새로운 것을 발견하고 만들어 냄으로써 삶의 방식이 변화하고 삶의 질은 좋아진다. 과학의 발전은 물질적으로 새로운 문명을 만드는 데 그치지 않고 거기에 걸맞은 새로운 문화를 만든다. 따라서 과학과 문화는 삶의 질을 높인다는 궁극적 목표에서 서로 닮았다.

### ❀ 과학이 문화 예술에 미치는 영향

(1) 과거에는 상상할 수 없었던 수많은 윤리적인 문제를 유발하고 있다.
(2) 문화 예술의 전파 속도가 빨라지고, 외국 문화도 쉽게 국내로 들어오고 있다.
(3) 새로운 문화가 창출되는 반면, 전통 문화가 사라지는 부작용도 나타나고 있다.
(4) 과학의 발달은 수많은 사람들의 가치관에 영향을 미치고 기존의 세계관을 바꾸고 있다.
(5) 문화 예술을 소비하고 전달하는 매체의 발달로 새로운 문화의 생성, 성장, 소멸의 주기가 점점 짧아지고 있다.




### ❀ 외국에서 들어온 문화_밸런타인데이

3세기경 로마 황제 클라우디우스 2세는 청년들을 군대로 보내기 위해 '금혼령'을 내렸고, 자신의 허락이 있을 때에만 결혼할 수 있게 하였다. 그런데 밸런타인 사제가 황제 몰래 젊은 남녀를 결혼시켰고, 결국 이 사실이 들통 나 그는 269년 2월 14일 처형당했다. 훗날 이날을 기념하여 연인들 사이에 사랑의 선물이나 연애편지를 주고받는 풍습이 생겼다.

### ❀ 인터넷의 양면성

인터넷이 발달하면서 많은 사람들이 시공간을 초월하여 대화를 나눌 수 있게 되었고, 개인과 회사는 더욱 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있게 되었으며, 다양한 정보를 공유할 수 있게 되었다. 또한 바쁜 현대인들이 각종 쇼핑몰 등을 통해 집에서 편하게 물건을 구매할 수 있게 되었다. 이처럼 정보의 범람은 많은 정보를 실시간으로 검색할 수 있다는 장점이 있는 반면, 많은 정보 중에서 양질의 정보를 찾아야 하는 어려움을 겪기도 하며 정보의 왜곡과 같은 부작용이 따른다. 또한 익명성이 악용되어 악성 댓글이나 허위 사실 유포 등의 문제도 일으킨다.

### ❀ 전통 문화_농다리 축제

농다리는 고려 초기에 놓여져 1,000년의 역사를 지닌 국내 유일의 돌다리로서, 충북 유형 문화재 제28호로 지정되어 보호되고 있는 충북 진천의 귀중한 문화유산이다. 총 길이가 93.6 m, 폭이 3.6 m, 교각의 두께가 1.2 m이며, 교각과 교각 사이는 0.8 m이다. 자주빛 자연석을 그대로 쌓았음에도 견고하며 장마가 지면 다리 위로 물이 흐르도록 설계된 뛰어난 축조 기술로 1,000년의 세월에도 유실되지 않고 남아 있는 유산이다. 농다리 축제는 이와 같이 소중한 문화유산을 널리 알리고 문화유산 보존의 중요성을 일깨움은 물론 조상의 슬기를 배워 가고자 하는 이색적인 축제이다.




### ❀ 인구의 증가

세계의 인구는 지금도 40 % 정도는 추측을 바탕으로 계산하고 있으므로, 고대나 중세의 인구를 정확하게 파악하기는 매우 어렵다고 할 수 있다. 중세 시대에는 인구의 증가가 주춤하였다. 유럽에서는 생산력의 확대가 한계에 달했을 뿐만 아니라 페스트와 같은 전염병의 유행과 잦은 전쟁으로 인구가 많이 줄었기 때문이다. 18세기 산업 혁명 이후 세계 인구가 급속히 증가하기 시작했으며, 20세기 들어 의학과 농업의 발전으로 평균 수명이 늘어나면서 인구가 폭발적으로 증가하였다.

### ❀ 화석 연료 사용의 문제점

화석 연료는 수백만 년 전의 동식물들이 오랜 시간에 걸쳐 화석화되어 만들어진 연료이다. 현재 우리가 사용하는 에너지의 85 % 이상은 화석 연료로부터 얻은 것이며, 석유, 석탄, 천연가스 등이 대표적이다.

화석 연료는 매장량이 한정되어 있어 고갈될 위험이 있고, 대기 오염과 지구 온난화를 비롯한 여러 가지 환경 문제를 유발하는 등 많은 문제점을 가지고 있다. 화석 연료 사용으로 인해 대기의 이산화 탄소의 농도가 약 25 % 증가하였으며, 지구 대기권의 평균 기온이 0.5 ℃ 상승하였다. 이에 따라 바닷물의 수온도 상승하여 100년간 평균 해면 수위가 14.3~22.7 cm 정도 상승하는 추세이며, 2030년까지는 20~140 cm 정도 상승할 것으로 예측되고 있다.

### ❀ 아마존 밀림의 파괴

아마존의 열대 우림은 세계 최대의 밀림으로서, 대체할 수 없는 소중한 자원이지만 최근 빠른 속도로 파괴되고 있다. 아마존 밀림은 대규모 벌목 및 경작과 원주민들의 원시적인 이동식 화전 농업으로 빠르게 사라지고 있다. 지금 추세대로라면 앞으로 30~50년 안에 아마존 생태계가 파괴될 것으로 예측하고 있다.



❸ 그림 Ⅷ-52 아마존 밀림의 파괴

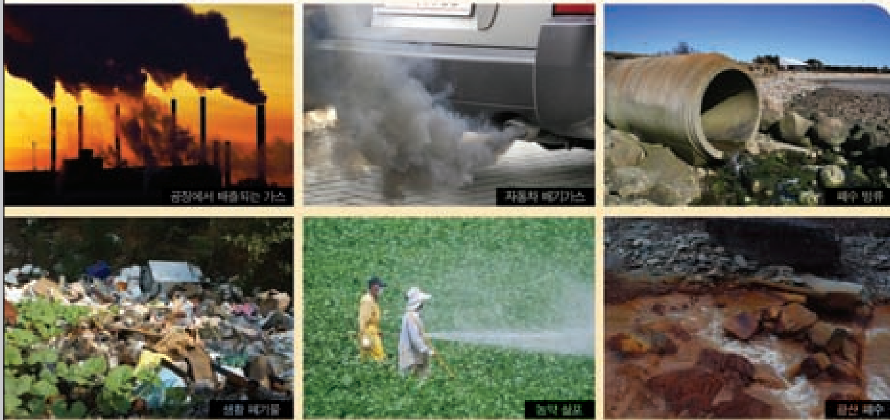
과학 기술은 인류에게 물질적 풍요와 생활의 편리함을 가져다 주었지만, 인류의 생활 터전인 지구 환경에는 많은 문제점을 발생시켰다.

예를 들어 과학의 발달에 따라 사람은 예전보다 수명이 길어졌다. 지구상의 인구는 1800년에는 약 10억 명이었으나 1900년에는 약 15억 명, 지금은 70억 명을 돌파하였다. 급격한 인구 증가로 녹지가 감소했고, 도시로 집중된 인구는 여러 가지 환경오염을 일으켰다. 산업화된 사회는 대량 생산과 대량 소비를 통한 각종 폐기물을 대량으로 방출하였으며, 그 결과 여러 가지 환경 문제가 나타났다.

한편, 현대 사회는 과거보다 더 많은 에너지를 필요로 한다. 세계의 에너지원은 대부분 화석 연료에 의존하는데, 매장량은 한정되어 있다. 화석 연료를 태울 때 나오는 배기가스는 대기를 오염시킬 뿐만 아니라 지구 온난화를 일으키는 원인이 되기도 한다. 생활 오수, 공장 폐수, 쓰레기 매립장 등에서 나오는 침출수, 광산 폐수, 농경지의 유출수 등은 수질 오염을 가중시켰다. 또 농약 살포나 화학 비료, 폐기물 매립, 광산의 폐수 등은 토양을 심각하게 오염시켰다.

이처럼 과학의 발달에 따른 환경 문제는 생물권에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 우리는 폐기물을 폐기의 대상이 아닌 자원으로 여기고 재활용 방안을 찾아야 하며, 계획적인 사용을 생활화해야 한다.

❸ 그림 Ⅷ-53 여러 가지 환경오염의 원인




390 Ⅷ. 과학과 인류 문명





### ❀ 환경오염

인간 활동에 의해 발생하는 대기, 수질, 토양의 오염 및 소음, 진동 등 자연 환경이나 생활 환경을 손상시키는 현상으로서, 고유한 자정 능력을 초과할 경우 발생한다.

### ❀ 환경오염의 종류와 원인

(1) **대기 오염** 산업, 교통 등 인간의 활동에 의해 만들어지는 유독 물질이 공기를 오염시키는 것을 말한다. 대기 오염의 원인으로는 매연 및 아황산 가스, 일산화 탄소 등이 있다. 대기 오염으로 인해 스모그 현상, 산성비 등이 발생하게 된다.

(2) **수질 오염** 공장의 폐수, 생활 하수 등이 강과 바다로 흘러 들어가 수질 환경이 오염되는 것을 말한다. 수질 오염으로 적조 또는 녹조 현상이나 부영양화 현상이 발생하고, 오염된 수질을 통하여 동식물에게 각종 질병이 발생하게 된다.

(3) **토양 오염** 농약 살포, 산업 폐기물의 방치, 축산 폐기물 등에 의해 토양 환경이 오염되는 것을 말한다. 오염 성분이 토양으로부터 초식 동물, 육식 동물, 인간에게 전달되며, 중금속 성분은 토양에서 분해되기 어려우므로, 토양 오염은 축적성 오염에 해당한다.

## 과학의 발전과 우리의 자세

과학의 발전은 기술, 공학, 예술, 수학 등 거의 모든 다른 분야의 발전에 기여하고 사람들의 생활을 편리하게 해 주었다.

하지만 과학 기술의 발전에 따라 사람들은 점점 더 개인주의화되고, 우리의 소중한 전통 문화가 소홀히 취급되는 현상도 일어나고 있다. 또 자연환경의 파괴는 우리가 현재 직면한 가장 큰 문제 중의 하나이다.

따라서 우리에게는 이러한 문제를 슬기롭게 해결하려는 노력이 필요하다. 그 과정에서 미래의 신기술을 포함하여 과학이 담당해야 할 역할도 갈수록 커지고 있다. 특히 인류의 지속 가능한 발전을 위한 노력을 게을리하지 말아야 한다.

우리나라의 과학 기술은 전 세계의 무한 경쟁 시대에 대비하여 구체적인 준비가 필요하다. 예를 들어 새로운 영역을 개척하기 위한 창조적이고 선도적인 연구 개발이 확대되어야 하고, 과학 기술 인재를 육성하기 위한 노력과 국제적인 협력 사업에 대한 적극적인 참여가 필요하다. 또한 국민의 행복이나 사회 문제 해결에 기여하고, 국민들이 일상에서 즐길 수 있는 과학 문화 프로그램의 확충과 새로운 문화 창출을 주도하는 것도 과학 기술이 담당해야 할 역할이라 할 수 있다.

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 과학이 우리 생활에 미치는 긍정적인 면을 말해 보자. | 과학으로 발생한 문제를 과학으로 해결한 예를 찾아보자. | 우리 주변에서 과학의 발전이 다른 분야에 미치는 영향을 찾아보자. |

❸ 그림 Ⅷ-54 재활용 분리 수거_ 자원을 재활용함으로써 자연환경의 오염을 막고, 소중한 지구를 보호하는 데 앞장설 수 있다.



### 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

예시_ 과학은 인류에게 물질적인 풍요와 생활의 편리함을 안겨 주었다. 예를 들어 생명 과학의 발전으로 사람의 수명이 연장되었고, 질병을 극복하여 건강한 생활을 할 수 있게 되었다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

예시_ 공장에서 배출되는 폐수로 인한 수질 오염 문제를 폐수 정화 시설을 설치하여 해결하였다. 또 자동차 배기가스로 인한 대기 오염 문제를 하이브리드 자동차나 전기 자동차의 개발로 해결하고 있다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

예시_ 최근 상영되고 있는 3D 영화는 영화를 실물을 보는 것처럼 입체적으로 볼 수 있게 한다. 이러한 영화를 촬영하는 3D 카메라는 사람의 두 눈이 사물을 입체적으로 보는 원리를 이용하여 개발된 것으로서, 과학과 기술, 공학이 융합된 것이다. 또 3D 영화는 문화 예술이 발전하는 데에도 많은 기여를 하고 있다.

### ❀ 과학의 발전과 우리의 자세

(1) 발전을 멈추지 않으면서 당면한 문제들을 슬기롭게 대처해 나갈 방법을 찾아야 한다.

(2) 과학 기술은 인류의 공존공영을 위해 사용되어야 하며, 미래 세대를 위해 절제되어야 한다.

(3) 지나친 인간 중심적 사고 방식, 과학에 대한 지나친 낙관적 기대나 무조건적인 추종, 방관적 자세는 바람직하지 못하다.

(4) 과학자는 사회의 건전한 구성원으로서, 개인의 이익보다는 인간의 존엄성을 지키고 인류의 안녕과 번영에 우선적인 가치를 두고 연구를 진행하여야 한다.

### ❀ 과학자의 윤리

(1) **과학적 측면** 과학 연구의 건전성을 유지하고 과학적 성과를 공표하되, 객관적인 증거만을 제시하고 과학적 성과에서 조작이나 사실이 아닌 자료는 공표하지 않는다.

(2) **사회적 측면** 당면한 경제적 · 사회적 · 정치적 문제들이 가진 의미를 인식하고, 자신의 지식과 연구가 실행에 옮겨질 수 있도록 노력한다.

(3) **세계적 측면** 과학자는 세계 평화를 위해 안정된 기반을 만들고자 하는 사람들을 지원할 의무가 있다.

### ✚ 참고 자료 재활용되는 분리 수거 품목

(1) **종이류** 신문지, 책, 복사지, 종이 팩, 우유 팩, 종이 상자 등

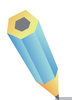
(2) **병류** 음료수병, 주류병, 드링크병 등

(3) **캔류** 음료용 캔, 식품용 캔, 분유 통, 통조림 통, 뷰테인 가스 통 등

(4) **고철류** 공구, 철사, 못, 철판, 쇠붙이, 알루미늄 등

(5) **의류** 면제품류, 합성 섬유류 등

(6) **플라스틱류** 음료수병, 간장병, 식용유병, 요구르트병, 세제 용기류 등



# 대단원 마무리

Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 개념 정리하기

1 ㉠ 불, ㉡ 철
2 ㉢ 스마트폰
3 ㉣ 액정
4 ㉤ 공학
5 ㉥ 의료 공학, ㉦ 인공 장기
6 ㉧ 유전자

## 개념 적용하기

**1** 통신과 전기 전자 분야의 발달로 다양한 정보를 주고받을 수 있게 되었으며, 우주 과학의 발달로 통신 위성이 개발되면서 먼 곳까지 정보를 전달할 수 있게 되었다.

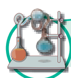
**2** ②

**3** ②

[해설] 로봇은 사람을 알아보고 감정을 표현하거나 대화도 가능하다. 그러나 사람이 입력한 프로그램에 따라 작동하므로 사람보다 더 창의적으로 작업을 수행하는 것은 어렵다.

**4** ⑤

[해설] 신개념 의약 기술은 에너지 고갈 문제나 환경 문제와는 관련이 적다. 신개념 의약 기술은 생명 공학과 의료 공학의 융합으로 개인 맞춤형 질병 예방과 치료, 인공 장기의 보편화로 수명을 연장시키는 등 건강과 관련된 기술이다.



학습 자료실

### ❀ 전자 결합 소자(CCD)

빛을 전하로 변환시켜 화상을 얻어 내는 센서이다. CCD 칩은 많은 광 다이오드들이 모여 있는 칩으로서, 수백만 개의 미세한 화소로 이루어진 실리콘 반도체이다. 화소마다 들어오는 빛의 양에 비례하여 전하들이 모아지는데, 그림 정보를 전기 신호로 바꾸는 과정에서 전하들을 차례대로 출력한다. 보통 CCD는 초당 30회씩 이 과정을 반복하며, 디지털카메라, 광학 스캐너와 같은 장치의 주요 부품으로 사용된다.

---

# 대단원 마무리

Ⅷ. 과학과 인류 문명

## 개념 정리하기

1 원시 시대에 (㉠ )의 발견은 인류에게 큰 기술 혁신을 가져왔으며, (㉡ )(으)로 만들어진 도구를 이용하면서 생산력이 증가하고 사회 구조도 크게 바뀌었다.
2 태블릿 PC나 (㉢ )을/를 기반으로 하여 전자책, 어학, e-러닝 서비스, 디지털 교과서 등 다양한 방법으로 스마트 기기가 교육 현장에 이용되고 있다.
3 고체와 액체의 중간 상태에 있는 물질로서, 온도나 자기장에 의해 다른 색깔을 나타내는 신소재를 (㉣ )(이)라고 한다.
4 과학은 기술, (㉤ ), 수학, 예술과 통합하여 자동차나 인터넷 등 우리 생활에 이용되고 있다.
5 미래에는 생명 공학과 (㉥ )의 융합으로 개인 맞춤형 질병 예방과 치료가 가능하고, (㉦ )의 보편화로 장애인 비율이 감소하고 수명은 획기적으로 연장될 것이다.
6 의료 및 식량 생산 등의 분야에서 핵심 기술인 (㉧ ) 재조합은 유전자 조작 때문에 다른 분야에서 사회적 쟁점이 되기도 한다.

## 개념 적용하기

**1** 현수는 외국으로 출장 가신 아버지와 휴대 전화의 화면을 보면서 통화를 한다. 이처럼 세계 어느 곳에 있는 사람과도 연락을 쉽게 할 수 있게 된 첨단 기술의 발전에는 어떤 것이 있는지 쓰시오.

**2** 다음 내용과 가장 관련이 깊은 과학 기술로 옳은 것은?

> 구부러지거나 얇게 펼 수 있는 성질을 이용하여 기존의 돌이 가지고 있던 단점을 보완하게 되어 농산물의 생산력을 향상시키고, 인류 문명의 발전에 크게 기여하였다. 또한, 건축 구조물의 탄탄한 기초로 사용되며, 고층 건물의 건축도 가능하게 되었다.

① 불의 사용 ② 금속의 이용
③ 현미경의 발명 ④ 증기 기관의 발명
⑤ 트랜지스터의 발명

**3** 다음 중 로봇 기술을 사용할 때의 좋은 점이 아닌 것은?
① 사람보다 더 빠르게 작업을 할 수 있다.
② 사람보다 더 창의적으로 작업을 할 수 있다.
③ 사람보다 더 높은 정확도로 작업을 할 수 있다.
④ 단조로운 반복 작업을 효율적으로 할 수 있다.
⑤ 사람이 직접 하기에 위험한 일을 대신할 수 있다.

**4** 다음 중 화석 에너지의 고갈과 환경 문제를 해결하기 위한 첨단 기술로 보기 어려운 것은?
① 신·재생 에너지 기술
② 온실기체 저감 기술
③ 폐자원 재활용 기술
④ 기후 변화 감시·대응 기술
⑤ 신개념 의약 기술

392 Ⅷ. 과학과 인류 문명

---

**+참고 자료** 액정의 작동 원리

액정 분자는 액체처럼 흐르는 성질을 가지고 있으면서 일정한 분자 배열을 가진 독특한 물질이다. 막대 모양의 액정 분자들은 보통 비틀린 상태로 배열되어 있는데, 액정층에 전압이 가해지면 일직선상으로 정렬한다.

액정 표시 장치인 LCD는 전자 제품의 디스플레이 장치로 많이 사용되고 있다. LCD 스크린은 빨간색, 초록색, 파란색의 화소로 이루어진다. 백라이트의 백색 광선 중 액정 층과 편광 필터를 거쳐 컬러 필터를 통과한 빛이 컬러 화소를 비추어 색을 나타낸다. 액티브 매트릭스 LCD는 각 컬러 화소마다 한 개씩 장착된 트랜지스터가 전극을 켜고 끄면서 액정의 빛 전송 성질에 영향을 미쳐 투과되는 빛의 양이 조절된다. 액정 화면은 컬러 화소에 투과된 빛의 강도에 따라 다양한 색으로 표현된다.



LCD 텔레비전

## 개념 적용하기

**5** 다음과 가장 관련이 깊은 첨단 과학 기술로 옳은 것은?

> 물질 안에 마이크로 캡슐과 촉매를 넣으면 외부 충격으로 캡슐이 깨졌을 때 내용물이 흘러나와 촉매와 반응한다. 이 화학 반응으로 만들어진 물질이 균열을 메우면서 접착제 역할을 하여 자동적으로 보강된다. 이 기술을 콘크리트에 적용하면 물속에 잠겨 있는 다리의 기둥에 균열이 생겨도 일정 시간이 지나면 마이크로 캡슐과 촉매 반응으로 만들어진 새 콘크리트가 틈에 스며들어 단단해진다.

① 환경 공학 기술　② 생명 과학 기술
③ 전자 과학 기술　④ 신소재 과학 기술
⑤ 정보 통신 과학 기술

**6** 그림의 첨단 과학 기술 기기로 편리해지는 우리 생활의 모습과 거리가 먼 것은?



① 이동 중에 다양한 자료들을 정리할 수 있다.
② 디지털 교과서 보급으로 학생들의 가방이 가벼워진다.
③ 물질을 분석하고 몸속 영상을 더 정확하게 확인할 수 있다.
④ 언제든지 자신이 원하는 곳에서 원하는 학습을 할 수 있다.
⑤ 학교에서 일어나는 다양한 행사가 이동형 중계기로 중계되어 학부모가 실시간으로 확인할 수 있다.

## 개념 응용하기

과학 글쓰기

**1)** 인터넷의 발달로 인한 부작용에는 어떤 것들이 있는지 쓰고, 이를 해결하기 위한 방안을 서술하시오.

과학 글쓰기

**2)** 첨단 과학 기술이 발전하게 되면 사람들은 한 층 더 편안하고 편리한 삶을 살아갈 수 있게 될 것이다. 이러한 생활을 하기 위해서 필요한 첨단 과학 기술에는 어떤 것들이 있는지 설명하시오.

과학 글쓰기

**3)** 무선 네트워크 기술과 인공 지능 기술을 바탕으로 한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술에 의해 변하게 될 미래 세상은 어떤 모습일지 서술하시오.

창의·인성 키우기

**4)** 산이 많은 우리나라는 주거 공간과 산업 용지를 확보하는 데 어려움이 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 어떤 기술이 필요할지 쓰고, 이를 통해 미래에 등장하게 될 생활 공간의 모습에 대하여 서술하시오.



## 심화 학습　터치스크린

터치스크린은 누르느냐, 만지느냐에 따라 '감압식'과 '정전식'의 두 종류가 있다.

감압식 터치스크린은 화면이 눌려질 때의 압력을 감지하여 터치 여부를 인식한다. 감압식 터치스크린은 액정 위에 여러 종류의 층이 겹겹이 쌓여 있는데, 바깥쪽에 있는 층은 부드럽게 누를 수 있는 재질로 만들어져 있고, 그 아래에는 액정을 보호하는 층과 전기가 통하는 두 개의 층으로 구성되어 있다. 바깥쪽의 부드러운 막을 누르면 전기가 통하는 두 개의 층이 서로 닿아 전류와 저항이 변하며, 이러한 전류 변화를 감지하여 화면의 어느 부분이 눌렸는지 좌표를 인식한다.

정전식 터치스크린은 누르는 대신 손으로 만지기만 하면 터치를 인식한다. 정전식 스크린의 액정 유리에는 전기가 통하는 화합물이 코팅되어 있어 화면에 미세한 전류가 계속 흐르고 있다. 여기에 손가락이 닿으면 액정 위를 흐르던 전자가 손가락으로 이동하여 전류가 변화되고, 이러한 전류 변화를 감지하여 손이 닿은 지점의 좌표를 인식한다. 정전식 터치스크린은 힘을 주어 누르지 않아도 정확히 터치가 되지만, 전기가 통하는 물체로만 터치가 가능하다.

## 개념 적용하기

**5** ④

[해설] 소재에 생긴 균열을 자동으로 보강하는 기술을 나타낸 것으로서, 신소재 과학 기술이라고 할 수 있다.

**6** ③

[해설] 물질 분석과 몸속의 영상을 자세히 볼 수 있게 된 것은 초전도체 기술(신소재 기술)의 발전으로 누릴 수 있는 편리함이다.

## 개념 응용하기

**1)** 예시_ 인터넷의 발달로 익명성이 악용될 가능성이 있고, 저작권의 침해 등 사회 문제를 일으킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 인터넷을 건전하게 사용하려는 마음 자세가 필요하며, 적절한 규제 장치를 만들어야 한다.

**2)** 예시_ 정보 통신 및 전자 기기 기술, 신소재 공학 기술, 의료 기술 등이 필요하다.

**3)** 예시_ 냉장고 안에 음식이 부족할 때 냉장고가 알아서 주문하고, 쇼핑 후 계산대를 지나기만 하면 자동으로 계산이 되며, 로봇과 가상 아바타를 작동시켜 자신을 대신하여 업무를 처리할 수도 있을 것이다.

**4)** 예시_ 생활 공간 문제를 해결하기 위해서는 하늘과 지하, 바다에 새로운 공간을 창출하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 초경량 · 고강도 건축 소재 기술, 친환경 건설 기술, 풍수해와 자연재해를 막는 재난 방지 기술, 범죄와 전염병을 차단하고 예방하는 보건 기술 등이 더욱 지능화되고 첨단화되어야 한다.
이러한 기술을 통해 미래에는 지상 1,000 m의 친환경 건물들이 많아질 것이고, 대규모 해상 도시도 인기를 누릴 것이다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 인류 미래의 변화에 큰 영향을 줄 수 있는 첨단 기술에는 IT(정보 통신 기술), BT(생명 공학 기술), NT(나노 기술), CT(문화 콘텐츠 기술), ET(환경 공학 기술), ST(우주 항공 기술) 등이 있다. <보기>에 해당하는 첨단 기술이 옳게 짝지어진 것은?

보기
ㄱ. 물질을 원자나 분자 크기의 수준까지 조작, 분석, 제어할 수 있는 과학과 기술
ㄴ. 생물학적 시스템을 이용하여 산업적으로 유용한 제품을 제조하거나 공정을 개선하는 기술
ㄷ. 디지털 미디어에 기반한 첨단 문화 예술 산업을 발전시키기 위한 기술

| | ㄱ | ㄴ | ㄷ |
|---|---|---|---|
| ① | NT | BT | CT |
| ② | NT | CT | BT |
| ③ | BT | NT | CT |
| ④ | BT | CT | NT |
| ⑤ | CT | NT | BT |

**02** 다음은 초전도체와 관련된 내용이다.

- 특정 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 물질인 초전도체는 열이 발생하지 않아 에너지의 손실이 거의 없다.
- 초전도체를 사용하면 매우 강력한 전자석을 만들 수 있다.
- 초전도체 내부에서는 자기장이 완전히 사라지기 때문에 자석이 초전도체 위에 떠 있게 된다.

초전도체의 원리를 이용한 것은?

① 전동차 ② 자기 부상 열차
③ LCD 모니터 ④ 발광 다이오드
⑤ 금속 탐지기

**03** 다음은 어떤 물질에 대한 설명이다.

- 고체와 액체의 중간 상태에 있는 물질로서, 입자들이 어느 정도 방향성은 있으나 고체 결정과 달리 액체와 같은 유동성이 있는 물질이다.
- 온도나 전압에 의해 다른 색깔을 나타낸다.
- 작은 전압으로도 큰 광화학적 반응을 보여 전자 소자로 많이 사용된다.

다음 중 이 물질을 이용하여 만든 것은?

① 광섬유 ② 녹음테이프
③ 방화복 ④ LCD 텔레비전
⑤ 페트병

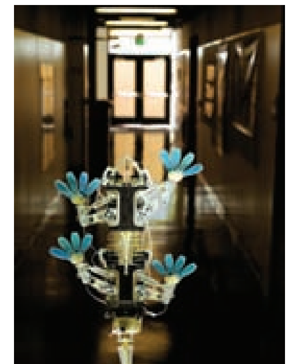
**04** 그림은 반도체를 이용하여 빛을 내는 발광 다이오드를 나타낸 것이다. 이러한 발광 다이오드를 이용한 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



보기
ㄱ. 교통 신호등
ㄴ. 스마트폰 화면
ㄷ. 자기 공명 영상 장치

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

**05** 그림은 미국의 대학에서 만든 스티키봇을 나타낸 것이다. 이 스티키봇을 만들 때 사용한 기술과 가장 관련이 깊은 것은?



① ST ② IT
③ NT ④ ET
⑤ CT

**06** 자동차에 부착된 보행자 추돌 방지 시스템에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 파동 과학을 활용한 것이다.
ㄴ. 레이저를 쏜 뒤 반사되어 돌아오는 레이저로 보행자를 감지한다.
ㄷ. 1차 경고하여 운전자의 반응이 없으면 자동으로 자동차를 정지시킨다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 자동차 공장의 로봇을 나타낸 것이다. 이 로봇에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?



보기
ㄱ. 단조로운 반복 작업을 한다.
ㄴ. 일정한 수준의 정밀도로 작업을 계속한다.
ㄷ. 일정한 제품을 대량으로 만들 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 우주선을 쏘아 올릴 때 밀접하게 통합되어야 하는 분야를 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 과학 ㄴ. 공학 ㄷ. 기술 ㄹ. 수학

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

**09** 다음은 코흐의 업적을 조사한 것이다.

- 현미경으로 콜레라와 폐결핵의 병원체를 발견하고, 이 세균이 질병의 원인이라는 세균 병원설을 주장하였다.
- 병에 걸린 가축의 난소로부터 탄저균을 추출한 후 건강한 동물에 주입하여 발병시킴으로써 전염병이 병원체에 의한 것임을 증명하였다.

코흐의 업적이 가지는 의의와 거리가 먼 것은?
① 소독법 개발 ② 항생제 개발
③ 멸균법 개발 ④ 분자 생물학의 발달
⑤ 백신을 통한 질병 예방

**10** 우리나라 정부는 2040년 무렵을 예상하여 2010년에 발표한 '과학 기술 미래 비전'을 통해 네 영역에서 미래의 핵심 신기술 25가지를 선정하였다. 각 영역과 해당하는 핵심 신기술이 옳게 짝지어진 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 자연과 함께 하는 세상 – 제조업 생산 로봇 기술
ㄴ. 풍요로운 세상 – 고효율 에너지 기술
ㄷ. 건강한 세상 – 신종 전염병 대응 기술
ㄹ. 편리한 세상 – 유비쿼터스 컴퓨팅 기술

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

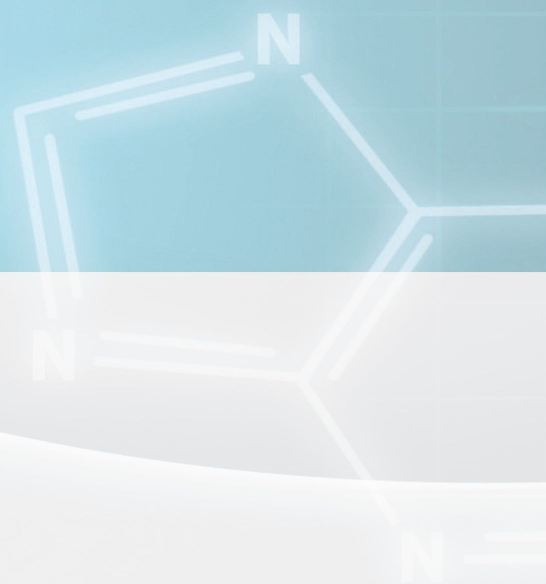
**11** 그림은 나노 로봇을 나타낸 것이다.



나노 로봇의 이용 분야와 가장 관련 깊은 것은?
① 개인 맞춤형 질병 예방
② 보건 의료와 정보 통신 연결
③ 혈관 속을 떠다니며 질병 치료
④ 정신 질환과 노인성 치매 치료
⑤ 독자적으로 기능하는 인공 심장 제작

$C_2H_5OH$

$H_2O$




$CH_4$

# 부록

# Ⅰ. 전기과 자기

## 대단원 평가문항 예시

102~105쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 해설 참조 04 ② 05 ⑤
06 ④ 07 ② 08 ⑤ 09 ⑤ 10 150 mA(또는 0.15 A) 11 ⑤ 12 ② 13 ③ 14 ① 15 ①
16 ⑤ 17 ⑤ 18 ② 19 ③ 20 ③ 21 ①
22 (가) ↑, (나) ↓ 23 ⑤

**01** ①, ②, ③ 원자는 (+)전기를 띤 원자핵과 (−)전기를 띤 전자로 구성되어 전기적으로 중성을 띠고 있다.
④ 서로 다른 두 종류의 물체를 마찰시키면, 두 물체 사이에 전자가 이동하여 각각 다른 전기를 띠게 된다. 이때 (−)전하를 잃은 물체는 (+)전기를 띤다.
오답 피하기 ⑤ (+)전기를 띠는 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지하기 때문에 전자에 비해 무거워서 잘 움직이지 못한다.

**02** 유리 막대를 금속 공 B에 가까이 하면, 금속 공 A의 전자들이 유리 막대로부터 인력을 받아 금속 공 B 쪽으로 몰린다.

**03** 대전체를 먼저 치우면 손가락을 통해 빠져 나갔던 전자들이 다시 검전기의 금속판으로 들어와서 (다)는 전기를 띠지 않는다. 손가락을 먼저 치우면 금속박의 전자가 금속판을 통해 손으로 일부 이동하여 금속판과 금속박이 골고루 (+)전기를 띤다.

**04** ② (나)에서 전류는 오른쪽에서 왼쪽으로 흐른다. 전자의 이동 방향과 전류의 방향은 반대 방향이다.
오답 피하기 ① (가), (나)에서 원자는 이동하지 않고 전자가 이동한다.
③ (나)에서 전지의 (+)극은 오른쪽에 연결되어 있어 전류가 오른쪽에서 왼쪽으로 흐른다.
④ (나)는 전자가 한쪽 방향으로 움직이므로 전자가 움직이는 반대 방향으로 전류가 흐른다.
⑤ (가)는 전자가 불규칙하게 움직이므로 어느 특정 방향으로 전류가 흐르지 않는다.

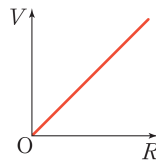
**05** 전류계는 저항이 매우 작기 때문에 전류계를 전구에 병렬로 연결하면 전류계 쪽으로 센 전류가 흘러 바늘이 오른쪽 끝까지 돌아가므로 전류를 측정할 수 없게 된다. 따라서 전류를 측정하려면 회로에 직렬로 연결해야 한다.

**06** 최댓값이 30 V인 눈금을 읽는다.

**07** 저항은 도선의 단면적에 반비례하고, 길이에 비례한다.

**08** 저항을 나타내는 기호는 —WW—이다.

**09** $V=IR$, $I=\frac{V}{R}$, $R=\frac{V}{I}$로, 전압은 저항에 비례한다.
오답 피하기 ⑤ 회로에 같은 세기의 전류가 흐른다면 저항이 클수록 높은 전압이 걸린다. 따라서 이때의 전압은 다음과 같이 저항에 비례하는 그래프여야 한다.




**10** 전압을 $\frac{1}{2}$배로 줄이면, 전류의 세기도 $\frac{1}{2}$배로 줄어든다.

**11** $R=\frac{V}{I}$에서 저항 $R=\frac{6\text{ V}}{0.3\text{ A}}=\frac{3\text{ V}}{0.15\text{ A}}=20\ \Omega$이다.

**12** 전구의 저항을 $R$라고 하면, $R+4\ \Omega=\frac{3}{0.6}=5\ \Omega$이다. 따라서 $R=1\ \Omega$이다.

**13** 전류−전압 그래프에서 그래프의 기울기의 역수는 저항을 의미한다. $R_a=\frac{1}{0.2}=5\ \Omega$, $R_b=\frac{2}{0.2}=10\ \Omega$이므로 $R_a : R_b=1:2$이다. 저항이 병렬로 연결되어 있으므로 $R_a$와 $R_b$에 걸리는 전압은 같다. $I=\frac{V}{R}$에서 전류의 비 $I_a : I_b$는 저항의 역수의 비와 같으므로 $I_a : I_b$는 $2:1$이다.

**14** 토스터, 전기다리미, 전기밥솥 등은 전기 에너지를 열에너지로 전환하는 전기 기구이다.

**15** 각각의 저항에 걸리는 전압의 비는 1 : 2 : 3이다. 이 회로의 저항에는 같은 전류가 흐르므로 발열량은 전압에 비례한다. 따라서 발열량의 비도 1 : 2 : 3이다.

**16** $[(40\text{ W}\times2\times5\text{ h})+(100\text{ W}\times2\text{ h})]\times30=18{,}000\text{ Wh}=18\text{ kWh}$

**17** 자기장의 방향은 나침반의 N극이 가리키는 방향이다. 자기력선은 N극에서 나와 S극으로 들어간다.

**18** 도선을 수직으로 세우고 동심원 모양으로 자기력선을 나타내면 자기장의 방향은 반시계 방향이다. 따라서 도선의

위쪽에 있는 나침반의 N극은 전류의 방향에 대하여 오른쪽을 가리키고, 도선의 아래쪽에 있는 나침반의 자침은 전류의 방향에 대하여 왼쪽을 가리킨다.

**19** 나침반의 N극이 왼쪽을 가리키므로, 코일의 오른쪽이 N극, 왼쪽이 S극이 된다.

**20** 자기장의 방향은 위에서 아래로, 전류의 방향은 종이면 안쪽이므로, 힘의 방향은 말굽 자석의 안쪽(왼쪽)이다. 따라서 도선 그네는 왼쪽으로 움직인다.

**21** 자기장의 방향을 반대로 하면, 힘의 방향도 반대가 된다.

**22** 코일에 자석을 가까이 하면 코일 속의 자기장의 세기가 세어지므로 코일에서는 이 자기장을 방해하는 자기장을 생기게 하는 방향으로 전류가 흐른다. 코일에서 자석을 멀리 하면 코일 속의 자기장의 세기가 약해지므로 코일에서는 이 자기장이 감소하지 않게 하는 자기장을 생기게 하는 방향으로 전류가 흐른다.

**23** ㄱ. 마이크에 대고 소리를 내면 소리가 공기 중으로 전달되면서 마이크의 진동판이 앞뒤로 움직이면서 진동한다.
ㄴ. 진동판과 연결되어 있는 코일이 함께 움직이면서 자석 주위의 코일이 움직이는 것과 같이 되어 코일에 유도 전류가 발생한다.
ㄷ. 마이크에서 만들어진 전기 신호를 증폭하여 스피커로 보내면 스피커의 진동으로 소리가 만들어진다.

# Ⅱ. 화학 반응에서의 규칙성

## 대단원 평가문항 예시

148~151쪽

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 ③ | 02 화학 변화 | 03 ④ | 04 ⑤ | 05 ① | |
| 06 ② | 07 ③ | 08 ③ | 09 ⑤ | 10 ③ | 11 ⑤ |
| 12 ② | 13 6 g | 14 ③ | 15 ② | 16 ② | 17 ⑤ |
| 18 ① | 19 ⑤ | 20 ⑤ | 21 ② | 22 ⑤ | 23 ③ |

**01** 물리 변화는 물질의 상태나 모양, 크기는 변하지만 물질이 가진 고유한 성질은 변하지 않는 것이다. 화학 변화는 물질 본래의 성질이 달라져서 처음 물질과는 다른 물질로 변하는 것이다.
**오답 피하기** ㄱ. 기화, ㄹ. 용해, ㅁ. 승화는 모두 물리 변화에 해당한다.

**02** 설탕이 녹아 액체로 되는 것은 물리 변화이지만, 설탕이 검게 변하면서 타는 냄새가 나는 것은 설탕 본래의 성질을 잃고 새로운 물질이 되는 것이므로 화학 변화이다.

**03** ④ (라)는 연소이므로 빛과 열을 낸다.
**오답 피하기** ① (가)는 물리 변화이지만, (다)는 화학 변화이다.
② (나)는 물리 변화이지만, (라)는 화학 변화이다.
③, ⑤ (다)와 (라)는 화학 변화이므로, 생성 물질의 성질이 원래 물질인 철, 양초와 다르다.

**04** 철과 황이 만나서 황화 철이 생성되는 화학 변화에서는 철과 황의 원자 배열이 변하여 새로운 성질을 갖는다.

**05** ① 마그네슘을 가열하면 마그네슘과 공기 중의 산소 기체가 화합하여 산화 마그네슘이 생성된다.
**오답 피하기** ② 과산화 수소가 분해되어 산소 기체가 생성되어 거품이 생기는 것이다.
③ 물에 나트륨 조각을 넣으면 나트륨과 수소가 서로 자리를 바꾸는 치환 반응이 일어난다.
④ 탄산수소 나트륨이 분해되어 이산화 탄소 기체가 발생하여 나타나는 현상이다.
⑤ 염화 이온과 은 이온이 서로 자리를 바꾸는 치환 반응이다.

**06** 물의 합성 반응에서는 수소 2분자와 산소 1분자가 반응하여 물 2분자를 생성한다. 따라서 반응 물질의 모형은 산소 1분자이어야 하며, 산소 1분자는 2원자, 즉 $O_2$로 존재하므로 모형을 나타낼 때에는 산소 원자 2개가 결합되어 있는 형태로 나타낸다.

**07** ③ 반응 후 시험관 A에 남아 있는 고체는 물과 이산화 탄소가 빠져나갔으므로 처음 탄산수소 나트륨보다 질량이 감소한다.
**오답 피하기** ① 탄산수소 나트륨 ⟶ 탄산 나트륨 + 물 + 이산화 탄소의 반응이 일어나므로 시험관 A에는 탄산 나트륨이 남는다.
② 시험관 A의 입구 안쪽 벽에 맺혀 있는 액체는 물이므로 파란색 염화코발트 종이가 붉은색으로 변한다.
④ 시험관 B에 있는 석회수는 발생한 이산화 탄소에 의해 탄산 칼슘의 흰색 앙금이 생성되므로 뿌옇게 흐려진다.

⑤ 탄산수소 나트륨을 가열하면 탄산 나트륨, 물, 이산화 탄소의 세 가지 물질로 분해된다.

08 ③ 과산화 수소는 자연적으로 분해되지만, 촉매를 사용하면 분해 반응이 빨라진다.
오답 피하기 ①, ②, ④, ⑤는 모두 가열하여 분해한다.

09 ⑤ 질산 은 수용액과 염화 나트륨 수용액이 반응하면 은 이온과 염화 이온이 서로 반응하여 앙금이 생성되므로, 두 이온이 동시에 자리를 바꾸어 새로운 물질을 만드는 반응이 일어난다.

10 질량 보존 법칙에 의해 반응 물질의 질량의 합과 생성 물질의 질량의 합은 일정하다. 따라서 수소의 질량+32 g =36 g에서 수소의 질량은 4 g이다.

11 산화 수은의 분해 반응에서 질량 보존 법칙이 성립하므로 산화 수은의 질량=(수은+산소)의 질량이다.

12 강철 솜이 연소되면 산소와 반응하여 산화 철이 되므로 질량이 증가하지만, 반응이 모두 끝나면 계속 가열해도 더 이상 산화 철의 질량은 증가하지 않고 일정해진다.

13 철가루 10 g에 산소가 최대한 반응하여 생성된 산화 철의 질량이 13 g이므로 반응한 산소의 질량은 3 g이다. 따라서 20 g의 철가루를 가열하여 모두 반응시키려면 6 g의 산소가 필요하다.

14 반응하는 A의 질량이 1 g일 때 생성된 AB의 질량이 10 g이므로 A 1 g과 반응하는 B의 질량은 9 g이다. 따라서 반응하는 물질 A와 B의 질량비는 1 : 9이다.

15 ② 반응하는 A와 B의 질량비는 1 : 9이므로 A 6 g과 반응하는 B의 질량은 54 g이다.
오답 피하기 ① A와 B가 화합 반응하여 AB가 된다.
③ AB를 이루는 A와 B의 질량비는 1 : 9이다.
④ A와 B의 질량비는 알 수 있지만, 분자 수의 비는 알 수 없다.
⑤ A 7 g과 반응하는 B의 질량은 63 g이므로 반응 결과 얻을 수 있는 AB의 질량은 70 g이다.

16 아이오딘화 칼륨과 반응할 수 있는 질산 납의 양은 정해져 있기 때문에 아이오딘화 칼륨이 모두 반응하고 나면 아무리 질산 납을 가해도 반응이 진행되지 않아 앙금의 높이가 일정해진다.

17 ⑤ 앙금의 높이 변화로 보아 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL와 완전히 반응하는 질산 납 수용액의 부피는 6 mL이다.
오답 피하기 ① 아이오딘화 칼륨 수용액과 질산 납 수용액이 반응하면 아이오딘화 납 앙금이 생성된다.
② 아이오딘화 납을 이루는 아이오딘과 납의 질량비는 항상 일정하므로 질산 납의 양이 많아져도 더 이상 반응할 아이오딘화 칼륨이 없으면 앙금이 생성되지 않는다. 따라서 이 실험으로 일정 성분비 법칙을 설명할 수 있다.
③, ④ 아이오딘화 칼륨 수용액 6 mL와 완전히 반응하는 질산 납 수용액은 6 mL이므로 질산 납 수용액을 10 mL 넣으면 질산 납이 남고, 질산 납 수용액을 4 mL 넣으면 아이오딘화 칼륨이 남는다.

18 ① 볼트 1개의 질량은 9 g이고 너트 1개의 질량은 1 g이며, 반응하는 볼트와 너트의 개수비가 1 : 3이므로 볼트와 너트가 결합하는 질량비는 9 g : 3 g = 3 : 1이다.
오답 피하기 ② $CaCl_2$은 Ca과 Cl가 1 : 2의 개수비로 결합하였다.
③ 이 반응 모형을 식으로 나타내면 $B+3N \longrightarrow BN_3$이다.
④ 생성 물질을 이루는 볼트와 너트의 질량비가 3 : 1이므로 일정 성분비 법칙을 설명할 수 있다.
⑤ 반응 물질과 생성 물질을 이루는 원자의 종류와 수가 모두 같다.

19 화학 반응이 일어나도 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 반응 물질과 생성 물질을 이루는 원자의 개수가 같도록 계수를 맞춘다.

20 ⑤ $4Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$

21 ② 반응 전의 분자는 $H_2$와 $O_2$이고, 반응 후의 분자는 $H_2O$이므로 분자의 종류가 다르다. 그리고 반응 전의 분자 수는 3개이고, 반응 후의 분자 수는 2개이므로 분자 수도 다르다.

22 수소 기체($H_2$) 3분자와 질소 기체($N_2$) 1분자가 반응하여 암모니아 기체($NH_3$) 2분자를 생성하는 화학 반응이다. 따라서 $3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$로 나타낼 수 있다.

23 ③ 반응 전의 분자는 3개이고, 반응 후의 분자는 2개로 서로 다르다.

오답 피하기 ⑤ 반응하는 산소와 생성되는 수증기의 분자 수의 비는 1 : 2이므로, 산소 분자 20개를 완전히 반응시키면 수증기 분자 40개를 얻을 수 있다.

# Ⅲ. 태양계

## 대단원 평가문항 예시

202~205쪽

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 ③ | 02 ①, ② | 03 ① | 04 ① | 05 ③ | 06 ④ |
| 07 ② | 08 ⑤ | 09 ③ | 10 ③ | 11 ④ | 12 ② |
| 13 ⑤ | 14 화성 | 15 ② | 16 ④ | 17 ④ | 18 ④ |
| 19 ② | 20 ①, ④ | 21 ③ | 22 ① | 23 ㉠ A, ㉡ C | |
| 24 ② | 25 ③ | | | | |

**01** 지구는 구형이기 때문에 북극성의 고도는 그 지방의 위도와 같은 각도로 나타난다.

오답 피하기 지구는 동쪽으로 자전하고 구형이기 때문에 서쪽으로 갈수록 해가 뜨는 시각은 늦어진다.

**02** 태양 광선이 평행하고 지구가 완전한 구형이라고 가정할 때 $\theta$와 $\theta'$은 엇각으로 같다.

**03** 원의 성질에서 중심각과 호의 길이는 비례하므로, $\theta : l = 360° : 2\pi R$의 비례식이 성립한다.

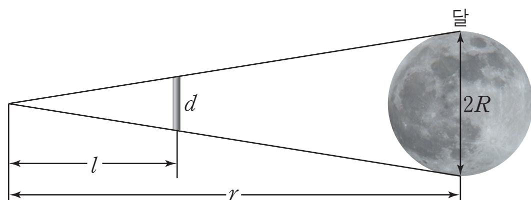
이 식을 $R$에 대해서 풀면

$R = \dfrac{360° \times l}{2 \times \pi \times \theta}$이므로

$l$에 5 cm, $\theta$에 15°를 대입하면

$R = \dfrac{360° \times 5\text{ cm}}{2 \times \pi \times 15°}$이다.

**04** 다음과 같은 그림에서




홈의 너비 및 홈까지의 거리를 이등변으로 하는 삼각형과 달의 지름 및 달까지의 거리를 이등변으로 하는 삼각형은 서로 닮은꼴이 되므로 '홈의 너비 : 달의 지름 = 홈과 눈 사이의 거리 : 달까지의 거리' 의 관계가 성립한다.

**05** 인공위성은 지구 상공에서 같은 궤도를 반복해서 운동한다. 지표면에서 볼 때 인공위성이 서쪽으로 이동한 것처럼 보이는 것은 지구가 서쪽에서 동쪽으로 자전하기 때문이다.

**06** 북반구에서 별의 일주 운동은 북극성을 중심으로 시계 반대 방향으로 1시간에 15°씩 회전한다. B는 A에 비해 시계 반대 방향으로 60° 회전한 위치에 있으므로 A가 관측되고 4시간 후의 위치가 된다.

**07** 지구의 공전으로 나타나는 현상에는 일출 및 일몰 방향과 시각의 일변화, 계절에 따라 관측되는 별자리의 변화, 태양의 연주 운동, 태양의 남중 고도 변화, 밤과 낮의 길이 변화, 계절의 변화, 연주 시차 등이 있다.

오답 피하기 ㄴ. 별의 일주 운동은 지구의 자전에 의해 별이 지구 자전축을 중심으로 하루에 한 번씩 회전하는 현상이다.

ㄷ. 달의 모양이 변하는 것은 달이 지구 주위를 공전하기 때문에 나타나는 현상이다.

ㅁ. 북극성의 고도가 관측자의 위도에 따라 달라지는 것은 지구가 둥글기 때문에 나타나는 현상이다.

**08** A는 춘분점, B는 하지점, C는 추분점, D는 동지점이다. A와 C에서는 햇빛이 적도면과 평행하기 때문에 우리나라에서 낮과 밤의 길이가 같다.

오답 피하기 낮의 길이, 태양의 남중 고도, 평균 기온은 B>A=C>D의 관계가 있다.

**09** 지구에서 관측할 때 달이 태양의 반대쪽에 있을 때 햇빛을 반사하는 둥근 면이 지구에서 모두 보이므로 보름달로 보인다.

**10** 달은 모양이 변해도 표면의 무늬는 변하지 않는다. 달이 지구 주위를 공전하는 동안 같은 주기로 자전하기 때문에 지구에서는 한쪽 면만 볼 수 있다.

**11** 지구에서 조석의 발생은 달의 영향력이 태양의 영향력보다 크기 때문에, 달을 향하고 있는 방향과 그 반대 방향에 밀물이 생기고 직각 방향에는 썰물이 생긴다. 달이 뜨는 시각과 위치는 매일 조금씩 변하기 때문에 방향을 잡는 기준으로 사용하기에는 적절하지 않다.

**12** 지구에서 관측할 때 흑점의 위치는 동쪽에서 서쪽으로 이동하므로 태양의 자전 방향을 알 수 있고, 흑점의 이동 속도를 조사하면 태양의 자전 주기도 알 수 있다.

오답 피하기 태양의 대기는 평상시에는 보이지 않는다. 흑점은 실제로 생성되고 소멸되지만, 관측된 사진만으로는 생성과 소멸을 짐작하기 어렵다.

13 코로나는 태양 표면 위로 수백만 km까지 뻗어 있는 태양의 최상층 대기이지만, 지구에 도달하지는 않는다.

14 화성은 지구 공전 궤도의 바로 바깥에 있는 행성으로서, 반지름이 지구의 약 0.53배이며, 표면에 산화 철이 많아 붉은색을 띤다.

15 B는 금성이고, 대기의 소용돌이에 의한 대적점은 E인 목성에 있다.

16 지구형 행성은 목성형 행성보다 반지름과 질량이 작으며, 자전 주기가 길고, 위성 수가 적다.

17 금성이 C의 위치에 있을 때에는 태양 바로 왼쪽에 있을 때이므로, 태양이 지고 난 직후 서쪽 하늘에서 볼 수 있다.

18 D는 금성이 태양과 직각을 이루고 있으므로 반달 모양으로 보이며, 태양이 금성의 왼쪽 방향에 있으므로 하현달 모양으로 보인다.



19 소행성은 모양이 불규칙한 암석 덩어리로서, 주로 화성과 목성 사이에서 태양 주위를 공전하고 있다.

20 A는 빛을 모으는 역할을 하는 대물렌즈이고, D는 상을 확대하기 위해 사용하는 접안렌즈이다.

21 반사 망원경은 빛을 모으기 위해 오목 거울을 사용한다.

22 달의 검은 부분을 바다라고 하는데, 현무암질 암석으로 이루어져 있어 검은색을 띤다. 달은 액체 상태의 물이 존재하지 않는다.

23 A는 대물렌즈로서, 빛을 모으는 역할을 한다. B는 대물렌즈에서 모은 빛을 접안렌즈로 반사시켜 보내는 평면 거울이다. C는 상을 확대하여 크게 보기 위해 설치한 접안렌즈이다.

24 망원경을 설치할 때에는 먼저 삼각대 위에 가대를 설치한다. 그리고 균형추를 연결한 다음 경통을 가대에 고정시킨다. 경통 앞뒤의 균형을 맞춘 후, 경통과 무게추의 균형을 잡는다. 그 후에 주 망원경의 시야 중심에 있는 물체가 보조 망원경의 십자선 중앙에 오도록 조절하는데, 이를 파인더 정렬이라고 한다.

25 (가)는 우주 망원경, (나)는 전파 망원경, (다)는 반사 망원경이다. 전파 망원경은 전파를 수신하는 망원경으로서, 낮이나 흐린 날에도 우주를 관측할 수 있다. 허블 우주 망원경과 같이 지구 밖에 설치하는 우주 망원경은 대기의 영향을 받지 않기 때문에 매우 선명한 상을 얻을 수 있다.

# Ⅳ. 생식과 발생

## 대단원 평가문항 예시

246~249쪽

01 ④ 02 해설 참조 03 (1) A: 간기, B: 전기 (2) 해설 참조 04 ④ 05 ② 06 해설 참조 07 ④ 08 ② 09 ⑤ 10 (1) 간기 (2) 해설 참조 11 ② 12 해설 참조 13 해설 참조 14 ③ 15 (1) 월경 (2) 배란된 난자가 수정하여 착상되지 않았기 때문이다. 16 ③ 17 ②

01 정육면체의 부피가 커질수록 표면적도 증가하지만, 부피에 대한 표면적의 비율은 감소한다. 세포는 세포막을 통해 물질의 출입이 일어나는데, 부피에 대한 표면적의 비율이 감소하는 것은 세포에 필요한 물질의 출입이 줄어든다는 것을 의미한다. 따라서 세포는 어느 정도 커지면 세포 분열을 해야 한다.

02 중기, 체세포 분열의 중기에는 굵고 짧아진 염색체가 세포의 중앙에 위치하게 되는데, 이때의 염색체는 2개의 염색 분체가 붙어 있는 상태이다.

03 (1) A는 간기, B는 전기이다.
(2) 핵막이 사라진다, 인이 사라진다, 염색체가 나타난다.

04 ㄱ. A의 핵상은 $2n$이다.
ㄴ. B와 C의 핵상은 $n$으로 염색체 수는 같다.
ㄷ. (가)는 상동 염색체가 분리되는 감수 1분열이고, (나)는 복제된 염색 분체가 분리되는 감수 2분열이다.
오답 피하기 ㄹ. X와 Y염색체는 상동 염색체로서, (가) 과정에서 분리된다.

05 A는 난자, B는 정자이고, (가)는 감수 1분열, (나)는 체세포 분열 과정이다.
ㄱ. 정자와 난자는 생식세포 분열인 (가) 과정을 거쳐 만들어진다.
ㄷ. 포배를 구성하는 각 세포의 DNA량은 동일하다.
**오답 피하기** ㄴ. C는 수정란이고, D는 포배이다. 수정란이 포배로 발생하기 위해서는 체세포 분열이 일어나야 한다.
ㄹ. 포배를 구성하는 각 세포가 갖는 염색체 수는 수정란과 동일하다.

06 (1) DNA와 단백질
(2) B는 체세포 분열의 중기에 관찰된다.
(3) 두 가닥의 염색 분체 ㉠과 ㉡은 세포 분열 전 간기에 DNA 복제를 거쳐 형성된다.

07 ㄱ. (가)는 체세포 분열의 중기에 관찰된다. 따라서 골수에서 혈구가 만들어질 때에도 관찰된다.
ㄷ. (나)에서 상동 염색체는 서로 접합하여 2가 염색체를 형성하고 있다.
ㄹ. (나)는 생식세포 분열 과정의 일부이다. 따라서 호밀 이삭에서 꽃가루가 만들어질 때 관찰된다.
**오답 피하기** ㄴ. (가)와 (나) 세포가 갖는 염색체 수는 $2n=6$으로 같다.

08 ㄱ. 정자는 정소의 세정관에서 만들어진다.
ㄴ. 요도는 정액이 사정되는 통로이면서 오줌이 배출되는 통로 역할을 한다.
**오답 피하기** ㄷ. 전립샘 등의 부속샘에서 정액의 약 95 %가 분비되며, 정자가 차지하는 비율은 5 %에 불과하다.

09 ㄴ. 수란관에서 수정이 일어나며, 수정란은 난할을 하면서 수란관에서 자궁으로 이동한다.
ㄷ. 두꺼워진 자궁 내막은 임신 기간 동안 계속 유지된다.
ㄹ. 수정란의 착상은 자궁에서 일어나며, 이곳에서 역시 태아의 발생이 이루어진다.
**오답 피하기** ㄱ. 질의 내부는 약한 산성을 띠고 있어 외부 병원균의 침입을 막는다.

10 (1) 유전 물질인 DNA가 복제되면 그 양이 2배로 증가하게 된다. DNA 복제는 간기에 일어난다.
(2) B 과정에서 염색체 수와 DNA량이 반감된다. C 과정에서는 DNA량은 반감되지만, 염색체 수는 변하지 않는다.

11 생식세포 분열에서는 유전 물질이 두 번에 걸쳐 분리되어 생식세포는 모세포가 갖는 유전 물질의 절반만을 갖는다. 따라서 유전 물질의 복제는 1회만 일어나야 한다. 이와 같은 생식세포 분열은 하나의 생물종이 유지되기 위한 중요한 과정이라고 할 수 있다.

12 (1) 세포 분열이 일어난 후 할구가 생장하는 시기가 없이 계속해서 분열하기 때문이다.
(2) 수정란은 체세포 분열을 통해 할구의 수가 늘어난다. 체세포 분열의 결과 유전 물질인 DNA량은 변하지 않기 때문이다.

13 (1) 하나의 정자가 들어오면 다른 정자의 침입을 막아 주어 다수정을 방지한다.
(2) 생식세포인 정자와 난자는 각각 23개의 염색체를 갖지만, 정자와 난자의 수정에 의해 만들어진 수정란은 46개의 염색체를 갖는다.
(3) 수란관 상단부에서 일어난다.

14 (가)는 수정, (나)는 4세포기, (다)는 상실배, (라)는 포배이다.
ㄱ. (가)는 정자와 난자의 수정을 나타낸 것으로써, 수란관의 상단부에서 일어난다.
ㄷ. (라)는 포배 시기로서, 이 시기에 착상이 일어난다.
**오답 피하기** ㄴ. (가) → (다) 과정은 체세포 분열에 의해 일어난다. 따라서 각 할구가 갖는 DNA량은 수정란과 동일하다.

15 (1) 배란된 난자와 정자와 수정하여 착상되지 않으면 두꺼워진 자궁 내막은 허물어져 혈액과 함께 질을 통해 배출되는데, 이를 월경이라고 한다.
(2) 배란된 난자가 착상되지 않으면 황체가 퇴화하므로 프로게스테론의 분비량도 급격히 감소하게 된다. 그 결과 두꺼워진 자궁 내막이 허물어지면서 출혈이 일어나는데, 이러한 현상을 월경이라고 한다. 그러나 배란된 난자가 수정 후 자궁 내막에 착상하면 황체는 퇴화되지 않고 그 기능을 유지하므로 월경은 나타나지 않는다.

16 ㄱ. 가장 먼저 기본 구조가 형성되는 기관은 중추 신경계이다.
ㄴ. 대부분의 중요 기관은 수정 후 8주 이내에 형성된다.
**오답 피하기** ㄷ. 약물 복용으로 기형이 유발될 가능성이 높은 시기는 대부분의 중요 기관이 형성되는 시기인 10주 이내이다.

17 ㄷ. 산소와 포도당은 모체의 동맥을 통해 태반으로 운반되며, 태아의 노폐물과 이산화 탄소는 모체의 정맥을 통해 모체로 들어간다.
오답 피하기 ㄱ. 태아의 모세 혈관은 태반에서 모체의 혈액에 잠겨 있다. 따라서 태아와 모체의 모세 혈관이 직접 연결된 것은 아니다.
ㄴ. 탯줄 동맥에는 노폐물과 이산화 탄소가 많은 정맥혈이 들어 있으며, 탯줄 정맥에는 양분과 산소가 많은 동맥혈이 들어 있다.

# Ⅴ. 여러 가지 화학 반응

## 대단원 평가문항 예시

292~295쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ㄴ, ㄷ 05 ③ 06 ④ 07 A 08 ③ 09 ③ 10 ① 11 (가): 산성, (나): 중성, (다): 염기성 12 ② 13 ⑤ 14 ②, ⑤ 15 (가) $2Cu + O_2 \longrightarrow 2CuO$, (나) $2CuO + C \longrightarrow 2Cu + CO_2$ 16 ① 17 ④ 18 ② 19 ⑤ 20 ② 21 ② 22 ⑤ 23 ③ 24 철에 기름칠을 한다, 철에 페인트칠을 한다, 스테인리스강 합금을 만들어 사용한다. 등 25 ③

01 산은 종류에 따라 물에 녹아 이온화하여 수소 이온을 내는 정도가 다르다. 이온화가 잘되는 산을 강산, 이온화가 잘되지 않는 산을 약산이라고 하며 산의 농도와 강산, 약산은 관계가 없다.

02 ㄱ. 수소 이온의 수가 (가)에서 더 많으므로 (가) 수용액의 산성이 (나) 수용액보다 더 강하다.
ㄴ. (가)가 (나)보다 녹아 있는 이온의 수가 더 많으므로 흐르는 전류의 세기가 더 강하다.
오답 피하기 ㄷ. (가)가 (나)보다 강한 산이므로 수소 기체가 더 많이 발생하면서 격렬하게 반응한다.

03 탈수 작용이 있어 설탕을 까맣게 숯으로 변화시키고, 실험실에서 데시케이터 속에 넣어 시약을 건조시키는 데 이용하는 물질은 진한 황산($H_2SO_4$)이다.

04 ㄴ. (가)의 물질들은 강산, 강염기로 (나)의 물질들보다 수용액에서 전류가 잘 흐른다.
ㄷ. (가)의 물질들은 (나)보다 강한 산 또는 강한 염기이다. 따라서 (가) 물질들이 (나) 물질들보다 수용액에서 이온화가 잘되므로 농도가 같은 수용액에서 같은 부피에 존재하는 이온 수도 (가) 물질들이 (나) 물질들보다 많다.
오답 피하기 ㄱ. (가)의 HCl은 강산, NaOH은 강염기이고 (나)의 $H_2CO_3$은 약산, $NH_3$는 약염기이다.

05 ③ C 수용액은 염기이므로 붉은색 리트머스 종이를 푸른색으로 변화시킨다.
오답 피하기 ① 이온화가 잘되는 강산이나 강염기는 수용액에 이온이 많아 전류가 더 잘 흐른다. 따라서 A 수용액이 B 수용액보다 전류가 잘 흐른다.
② C 수용액은 염기이므로 단백질을 녹이는 성질이 있다.
④ 금속 아연과 반응하여 수소 기체를 발생하는 것은 산이므로 A 수용액과 B 수용액의 두 가지이다.
⑤ 페놀프탈레인 용액을 붉게 변하게 하는 것은 염기이므로 C 수용액 한 가지이다.

06 주어진 설명은 수산화 칼슘($Ca(OH)_2$)의 특징이다.

07 pH는 수소 이온의 농도를 나타내는 척도로, 그 값이 작을수록 수소 이온의 농도가 크고, 산성이 강하다. 따라서 A 수용액의 pH가 가장 작으므로 포함된 수소 이온의 농도가 가장 크다.

08 ③ pH가 7일 때 중성이며, 7보다 크면 염기성, 7보다 작으면 산성이다. 따라서 pH=7의 C 수용액과 pH=13의 E 수용액을 혼합하면 중화 반응이 일어나지 않는다.
오답 피하기 ① A 수용액은 산성이므로 메틸 오렌지 용액을 떨어뜨리면 붉은색을 나타낸다.
② B 수용액은 pH가 7보다 작으므로 산성이다.
④ E 수용액은 C 수용액보다 pH가 크므로 C 수용액보다 강한 염기성을 나타낸다.
⑤ 페놀프탈레인 용액을 붉은색으로 변하게 하는 것은 염기이므로 D와 E의 두 가지이다.

09 ㄱ. 반응하는 염산과 수산화 나트륨 수용액의 양이 많을수록 온도가 높아지는 것으로 보아 산과 염기가 반응하면 열(중화열)이 방출된다는 것을 알 수 있다.
ㄴ. 혼합 용액의 부피가 모두 같으므로 온도가 가장 높게 올라간 실험 C에서 중화 반응이 가장 많이 일어난 것이다. 따라서 이때 물이 가장 많이 생성된다.

오답 피하기 ㄷ. 온도가 가장 높은 실험 C에서 염산과 수산화 나트륨 수용액이 완전히 중화되므로 염산과 수산화 나트륨 수용액은 1 : 1의 부피비로 반응한다. 따라서 실험 D의 혼합 용액은 염산의 부피가 과량이므로 산성을 띠며, 금속을 넣으면 수소 기체가 발생한다.

10 산 수용액과 염기 수용액을 혼합할 때 혼합 용액의 온도가 높아지는 것은 중화 반응이 일어나기 때문이다. 중화 반응은 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온이 반응하여 물이 생성되는 반응이며, 중화열이 함께 발생한다.

11 (가): 수산화 나트륨을 가하기 전에는 묽은 염산만 존재하므로 수용액 속에 $H^+$만 존재한다. 따라서 용액은 산성이다.
(나): $H^+$가 $OH^-$이 모두 반응하여 용액 속에 $H^+$이나 $OH^-$이 없으므로 용액은 중성이다.
(다): 중화된 이후 반응할 $H^+$이 없으므로 넣어 준 $OH^-$은 그대로 용액에 남는다. 따라서 용액은 염기성이다.

12 불꽃색이 노란색인 것은 $Na^+$을 포함하고 있기 때문이며, 질산 은 수용액과 반응하여 흰색 앙금이 생성된 것은 $Cl^-$이 포함되어 있어 AgCl이 생성되었기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 $Na^+$을 포함하고 있는 염기인 NaOH 수용액과 $Cl^-$을 포함하는 산인 HCl을 반응시킨 것이다.

13 ㄱ. 연소, ㄴ. 산소와 결합하는 반응, ㄷ. 철의 제련은 모두 산화－환원 반응이다.

14 ②, ⑤ 구리를 가열하면 산소와 결합하는 산화가 일어나 산화 구리(Ⅱ)가 생성되고, 산화 구리(Ⅱ)를 숯(탄소)과 반응시키면 산화 구리(Ⅱ)의 산소가 탄소로 옮겨가서 산화 구리(Ⅱ)는 구리로 환원되고, 탄소는 산화되어 이산화 탄소가 생성된다.
오답 피하기 ④ 석회수가 뿌옇게 된 것은 탄소가 산화되어 생성된 이산화 탄소 때문이다.

15 (가) 구리가 산소와 반응하여 산화 구리(Ⅱ)가 생성된다.
(나) 산화 구리(Ⅱ)와 탄소가 반응하여 구리와 이산화 탄소가 생성된다.

16 산소를 얻는 물질이 산화되는 물질이며, 산소를 빼앗기는 물질이 환원되는 물질이다. Mg이 산소를 얻어서 MgO이 되므로 산화되었고, $CO_2$가 산소를 잃고 C가 되므로 환원되었다.

17 ④ 강철 솜이나 쇠못은 모두 산화되면서 산소와 결합하므로 질량이 증가한다.
오답 피하기 ①, ② 강철 솜을 토치 불꽃으로 가열하면 연소가 일어나고, 젖은 휴지 위의 쇠못은 부식된다.
③ 강철 솜의 연소와 쇠못의 부식은 모두 철이 산화되는 반응으로 연소는 빠른 산화 반응이고, 부식은 느린 산화 반응이다.
⑤ 부식은 산소와 물이 모두 있을 때 빠르게 일어난다. 따라서 젖은 휴지 대신 습기를 흡수하는 실리카 겔에 넣어 두면 부식은 느리게 일어난다.

18 비금속 원소의 산화물은 물에 녹아 산성을 나타내고, 금속 원소의 산화물은 염기성을 나타낸다. 푸른색 리트머스 종이를 붉은색으로 변화시키는 것은 산이며, 비금속 원소인 황과 탄소의 연소 생성물(산화물)은 산이다.
오답 피하기 ㄴ, ㄹ. 금속인 철과 마그네슘의 연소 생성물은 염기성을 나타낸다.

19 구리의 녹은 염기성 산화물로 레몬즙에 포함된 시트르산 등의 산과 중화 반응하는 것을 이용하여 닦아낼 수 있다.

20 부식이 가장 많이 일어난 것이 철이며, 은이 가장 부식이 적게 일어났다. 따라서 산화가 잘되는 순서는 철>구리>은이다.

21 ② 산화와 환원은 항상 함께 일어난다.
오답 피하기 ①, ④, ⑤ 철의 제련 과정에서 철광석은 산소를 떼어 내고 철로 환원된다. 코크스는 불완전 연소되어 일산화 탄소로 산화되고, 일산화 탄소는 철광석과 반응하여 이산화 탄소로 산화된다.
③ 석회석은 철광석에 포함된 이산화 규소와 같은 불순물을 제거하는 역할을 한다.

22 ⑤ 합금을 만들어 성질을 변화시킨 것이다.
오답 피하기 ①, ②, ③, ④ 철의 표면에 다른 물질을 입혀 산소와 물을 차단하여 부식을 방지하는 방법이다.

23 ③ 철이 산화 철이 되기 위해 산소가 필요하므로 A에는 산소가 필요하다.
오답 피하기 ①, ② 산화 반응과 환원 반응은 항상 함께 일어난다. 제련 과정인 (가)는 철이 환원되고, 일산화 탄소(CO)가 산화된다. 부식 과정인 (나)는 철이 산화되고, A에 들어갈 산소($O_2$)가 환원된다.
④ CO는 $CO_2$로 산화되므로 환원제로 사용된다.

⑤ 철은 자연에서는 부식이 자발적으로 일어나지만 산화철이 철로 되는 반응은 자발적으로 일어나지 않는다. 따라서 자연적인 상태에서는 (나) 반응이 주로 일어난다.

24 (나)의 반응은 철의 부식이며 철의 부식을 막는 방법은 페인트칠, 기름칠, 도금, 합금으로 만들기 등이 있다.

25 ㄴ. 포도에 포함된 포도당이 산화되어 에탄올이 된다.
ㄷ. 산소 흡수제에는 철가루가 들어 있어 포장 안쪽의 산소와 반응하여 산소를 제거한다.
오답 피하기 ㄱ. 산성 토양에 탄산 칼슘을 뿌리는 것은 산과 염기의 중화 반응이다.
ㄹ. 납 이온과 아이오딘화 이온의 반응은 앙금생성 반응이다.

# Ⅵ. 유전과 진화

## 대단원 평가문항 예시

342~345쪽

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 ① | 02 ② | 03 ② | 04 ⑤ | 05 ③ | 06 ⑤ |
| 07 ③ | 08 ② | 09 ③ | 10 ② | 11 ③ | 12 ④ |
| 13 ④ | 14 ② | 15 ⑤ | 16 ③ | 17 ① | 18 ② |
| 19 ① | 20 ③ | 21 ① | 22 ① | 23 ④ | 24 ④ |

01 흰색 분꽃의 유전자형을 WW라고 할 때 분홍색 분꽃의 유전자형은 RW이므로, 이들 사이에서는 분홍색 분꽃(RW)과 흰색 분꽃(WW)의 비율이 1 : 1로 나온다.

02 교배 결과 나타난 주름진 완두는 부모 세대의 둥근 완두로부터 r를 물려받고 주름진 완두로부터 r를 물려받아 유전자형이 rr가 된다. 그러므로 교배에 사용한 둥근 완두의 유전자형은 Rr이다. 완두 모양을 결정하는 한 쌍의 대립 유전자인 R와 r는 상동 염색체의 동일한 위치에 존재한다.

03 잡종 1대에서 둥근 완두만 나타난 것은 우열의 법칙이고, 잡종 2대에서 둥근 완두와 주름진 완두가 모두 나타난 것은 분리의 법칙으로 설명할 수 있다.
오답 피하기 독립의 법칙은 두 가지 이상의 형질이 동시에 유전될 때 적용되는 것이므로 이 실험에서는 알 수 없다.

04 유전 인자와 상동 염색체는 모두 쌍으로 존재하고, 생식세포를 형성할 때 분리되고, 수정을 통해 다시 쌍을 이루게 된다.

05 염색체는 DNA와 단백질로 구성되고, 같은 종의 생물들은 체세포에 들어 있는 염색체의 수와 모양이 동일하다.
오답 피하기 ㄴ. 암수를 결정하는 데 관여하는 것은 성염색체이다.

06 순종의 둥글고 황색인 완두(RRYY)와 주름지고 녹색인 완두(rryy)를 교배했을 때 잡종 1대에 나오는 둥글고 황색인 완두의 유전자형은 RrYy이다. 따라서 잡종 1대에서 만들어지는 둥글고 황색인 완두(RrYy)의 생식세포는 유전자형이 RY, Ry, rY, ry인 것이 1 : 1 : 1 : 1의 비율로 만들어진다.

07 사람의 유전 형질은 매우 많고 복잡하며, 특히 환경의 영향을 많이 받는 특징이 있어서 연구하기 어렵다.

08 PTC 용액에 대하여 쓴맛을 느끼는 부모 사이에서 쓴맛을 느끼지 못하는 딸이 태어났으므로 쓴맛을 느끼는 것이 우성이고, 이 유전자는 상염색체에 존재한다는 것을 알 수 있다. 쓴맛을 느끼지 못하는 할아버지와 동생(여자)의 유전자형은 tt이고, 쓴맛을 느끼는 아버지와 어머니는 Tt이며, 나(남자)는 TT 또는 Tt임을 알 수 있다.

09 혀를 말 수 있는 유전자는 혀를 말 수 없는 유전자에 대해 우성이다.

10 색맹과 혈우병은 반성 유전을 한다.

11 A의 유전자형은 X′Y이고, B의 유전자형은 XX′이므로 이들 사이에서는 정상인 아들(XY), 색맹인 아들(X′Y), 정상(보인자)인 딸(XX′), 색맹인 딸(X′X′)이 태어날 수 있다.

12 AO와 BB 사이에서 태어날 수 있는 자녀의 유전자형은 AB와 BO이며, 표현형은 AB형과 B형이다.

13 후천적으로 얻은 획득 형질은 유전되지 않는다. 다음 대에 유전되기 위해서는 생식세포의 유전자까지 변해야 하기 때문이다.

14 박쥐의 날개는 앞다리가 변해서 된 것이지만 메뚜기의 날개는 피부가 변해서 된 기관이다.

15 포유류의 앞다리는 생활 장소에 따라 알맞게 모양과 기능이 적응되어 있다.

16 자연선택설은 목이 긴 것과 짧은 것이 있었으나 긴 것이 살아남아 다음 대에 유전된다는 것이다.

17 오스트레일리아 대륙은 다른 대륙과 많이 떨어져 있어서 다른 진화의 경로를 거치면서 특이한 생물이 많이 나타났다. 즉, 격리에 의해 다른 대륙과 다른 진화 과정을 거친 것이다.

18 자연선택설은 개체가 많아져서 먹이가 부족해지면 생존 경쟁을 하게 되고, 그 결과 유리한 형질을 가진 개체가 살아남는다는 학설이다.

19 교배가 가능하다면 같은 속에 속하며, 유연관계가 매우 가까운 동물이다. 그러나 그 자손이 생식 능력이 없으면 같은 종이 아니다.

20 이명법은 속명, 종명, 명명자로 구성되며, 사자와 호랑이의 속명은 *Felis*로 동일하므로, 같은 속에 속한다고 판단할 수 있다.

오답 피하기 ㉠ 사자의 종명은 *leo*이다.

㉡ *tigris*는 호랑이의 종명이다.

21 생물 상호 간의 유연관계와 진화 계통에 따라 생물을 분류하는 방법을 자연 분류라고 한다. 현재 과학적인 분류 방식으로 자연 분류 방식을 따르고 있다. 척추의 유무나 떡잎의 수에 따라 생물을 분류하는 것은 자연 분류에 해당한다.

오답 피하기 생물의 기본 특성이나 다른 생물과의 연관성을 고려하지 않고 사람들의 인위적인 기준에 따라 분류하는 것을 인위 분류라고 한다. (다)와 같이 일조 시간에 따른 개화 여부에 따라 식물을 나누는 것이나 (라)나 (마)와 같이 사는 장소에 따라 생물을 분류하는 것은 인위 분류에 해당한다.

22 특징 A는 6종의 생물이 모두 가지고 있으며, 이 중에서 특징 B는 (가)와 (나)만 가지고, 특징 C는 (다), (라), (마), (바)가 가진다. (가)와 (나) 중에서 특징 G는 (나)만 가지고 있다. (다)~(바) 중 특징 D는 (다), (라), (마)는 가지고 있으나 (바)는 가지고 있지 않다. (다), (라), (마), (바) 중에서 특징 E는 (라)와 (마)만 가지고 있고, 특징 F는 (마)만 가지고 있다.

23 (나)는 핵이 있으므로 원핵생물계는 아니며, 엽록소가 있는 것도 있고 없는 것도 있으며, 단세포 또는 다세포 생물이므로 원생생물계임을 알 수 있다.

24 고사리는 양치식물이며, 소나무는 종자식물 중 겉씨식물이다. 이들은 모두 관다발을 가지고 있다. 반면, 소나무는 형성층이 있으나 고사리는 형성층이 없다.

# Ⅶ. 외권과 우주 개발

## 대단원 평가문항 예시

400~403쪽

01 겨울철 02 ② 03 방위각: 100°, 고도: 70°
04 ⑤ 05 ㉠ B, ㉡ B 06 ② 07 ② 08 ④
09 ㉠ 시리우스, ㉡ 베텔게우스 10 ② 11 ⑤ 12 ⑤
13 ① 14 ③ 15 ⑤ 16 ③ 17 ① 18 ⑤
19 ④ 20 ④ 21 ④ 22 ③ 23 ③ 24 ①
25 ② 26 ①

01 오리온자리는 겨울철의 대표적인 별자리이다.

02 작은곰자리에 있는 북극성은 천구의 북극에 있는 별로서, 다른 별들이 북극성을 중심으로 일주 운동을 한다.

03 방위각은 북쪽으로부터 지평선을 따라 시계 방향으로 측정한 각이므로 100°이다. 고도는 지평선으로부터 수직으로 올라가면서 측정한 각이므로 70°이다.

04 별자리판을 이용하여 별자리를 찾기 위해서는 먼저 별자리판을 돌려 관측하려는 월 · 일 눈금과 시각 눈금을 맞추어야 한다.

ㄱ. 바깥쪽 판의 5월 5일과 안쪽 회전판의 21시를 일치시켰으므로 이 별자리판은 5월 5일 21시에 관측하기 위해 맞춘 것이다.

ㄴ. 별자리판의 회전축의 중심은 북극성이다.

ㄷ. 시간이 지나면 안쪽의 회전판을 시계 방향으로 돌려가면서 관측한다. 회전판을 시계 방향으로 돌리면 투명창에서 보이던 서쪽 방향의 별자리는 회전판에 가려지고 동쪽 방향의 별자리가 새로 투명창 안에서 보이게 된다.

05 북쪽 하늘의 별은 지구의 자전 때문에 1시간에 15°씩 시계 반대 방향으로 회전한다. 새벽 3시는 밤 9시보다 6시간이 지난 시각이므로 북두칠성은 시계 반대 방향으로 90° 회전한 위치에서 관찰된다. 또 별자리는 하루에 약 1°씩 시계 반대 방향으로 회전하므로 3개월 후 같은 시각에는 시계 반대 방향으로 90° 회전한 위치에서 관찰된다.

06 일주 운동은 천체들이 하루를 주기로 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 현상으로서, 지구의 자전 때문에 나타나는 운동이다. 연주 시차 현상은 지구가 공전하기 때문에 별들의 위치가 1년을 주기로 다르게 나타나는 현상이다.

07 연주 시차는 ∠ASB의 절반이다. 별의 연주 시차를 구하는 데 필요한 최소한의 시간은 6개월이다.

08 별 A의 연주 시차는 $\frac{0.06+0.04}{2}=0.05''$이다. 별까지의 거리는 연주 시차의 역수이므로 $\frac{1}{0.05}=20$ pc이다.

09 맨눈으로 볼 때 가장 밝은 별은 겉보기 등급이 가장 작은 별이고, 실제로 가장 밝은 별은 절대 등급이 가장 작은 별이다.

10 북극성의 밝기는 2.1등급이므로 맨눈으로 보았을 때 북극성보다 100배 밝은 별의 겉보기 등급은 $2.1-5=-2.9$ 등급이다.

11 표면 온도가 높은 별은 청색을 띠고, 표면 온도가 낮아지면서 백색, 황색, 적색을 띤다.

12 별의 색은 표면 온도에 따라 다르며, 청백색 → 백색 → 붉은색으로 가면서 낮아진다.

13 ① A는 나선팔, B는 막대 구조이다.
오답 피하기 ② 나선팔(A)에서는 새로운 별들이 태어나므로 나이가 적은 별들이 많다.
③ 태양계는 나선팔 영역에 있다.
④ 우리은하의 지름은 약 10만 광년이다.
⑤ 우리은하를 옆에서 보면 원반 모양이다.

14 구상 성단은 은하 중심부인 핵이나 헤일로에 분포한다.

15 (가)와 (나)는 모두 우리은하 안의 천체이다.

16 은하수는 우리은하를 안에서 본 모습이며, 수많은 별들이 밀집되어 있는 곳이다. 은하수는 두께가 일정하지 않은 띠 모양을 이루며, 하늘을 가로질러 분포한다.

17 허블은 은하들의 모양과 형태에 따라 외부 은하를 타원 은하, 정상 나선 은하, 막대 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다.

18 ⑤ 우리은하는 막대 나선 은하이다.
오답 피하기 ① 타원 은하는 나선팔이 없는 은하이다.
② 타원 은하에는 오래된 별들이 많아 성간 물질이 적다.
③ 정상 나선 은하에는 나이가 적은 젊은 별들이 많이 있다.
④ (다)는 정상 나선 은하이다.

19 (가)와 (나) 모두 적색 편이가 나타났으므로 모두 우리은하에서 멀어진다.

20 팽창하는 우주에서 팽창의 중심은 따로 존재하지 않는다.

21 다가오는 자동차의 경적 소리는 파장이 짧아져 고음으로 들린다.

22 달에서는 풍화 작용이 일어나지 않으므로 1969년에 남긴 발자국이 아직까지도 그대로 남아 있다.

23 우주 개발의 목적에는 자주 국방 기술의 개발이 포함된다.

24 지상 발사체는 지상에서 준비한다.

25 세계 최초로 인공위성이 발사된 시기는 1957년이고, 우리나라 최초의 우주 발사체인 나로호가 처음 발사된 것은 2009년이다.

26 GPS에 이용되는 것은 항법 위성이다.

# Ⅷ. 과학과 인류 문명

## • 대단원 평가문항 예시 •

440~441쪽

01 ① 02 ② 03 ④ 04 ③ 05 ③ 06 ⑤
07 ⑤ 08 ⑤ 09 ④ 10 ⑤ 11 ③

01 물질을 원자나 분자 크기의 수준까지 다루는 기술은 NT이고, 생물학적 시스템을 이용하는 기술은 BT이며, 첨단 문화 예술 산업을 발전시키기 위한 기술은 CT이다.

02 초전도체 내부에서 자기장이 완전히 사라지기 위해서는 초전도체가 외부 자기장을 밀어내야 한다. 이 때문에 자석이 초전도체 위에 떠 있는 것인데, 이러한 원리를 이용한 것이 자기 부상 열차이다.

03 문제에 제시된 설명은 액정에 대한 설명으로서, 액정은 텔레비전이나 컴퓨터, 휴대 전화 등의 화면을 비롯한 각종 영상 장치에 쓰인다.

04 발광 다이오드는 각종 전원 표시등이나 교통 신호등, 가로등, 스마트폰 화면 등에 사용된다.

오답 피하기 자기 공명 영상(MRI) 장치는 초전도체를 이용한 것이다.

05 스티키봇은 도마뱀붙이 발바닥의 나노 구조를 모방하여 만든 것이다.

06 보행자 추돌 방지 시스템은 파동 과학을 활용하여 레이저로 보행자를 감지하고, 경고에 반응하지 않으면 자동으로 자동차를 정지시킨다.

07 자동차 공장에서 로봇은 단조로운 반복 작업을 하며, 일정한 수준의 정밀도와 정확도로 작업을 계속할 수 있으며, 지칠 줄 모르기 때문에 항상 일정한 제품을 대량으로 만들 수 있다.

08 우주선을 쏘아 올릴 때에도 과학, 기술, 공학, 수학 등이 밀접하게 통합되어야 한다. 연료의 연소, 재료 공학 등과 더불어 지구와 우주선의 운동과 궤도에 대한 정확한 계산이 필요하다.

09 병원체를 발견함으로써 백신의 개발로 병원체가 일으키는 질병을 예방할 수 있었다. 또 병원체를 죽이거나 억제하는 소독법과 멸균법을 개발할 수 있었으며, 병원체의 특징과 생활에 대한 연구를 통하여 항생제와 치료제를 개발할 수 있었다.

오답 피하기 분자 생물학은 생명 현상을 분자 수준까지 다루는 분야이며, 분자 생물학의 발달은 유전학의 발달에 의한 것이다.

10 제조업 생산 로봇 기술은 풍요로운 세상에 해당하는 것이며, 고효율 에너지 기술은 자연과 함께하는 세상에 해당하는 것이다.

11 나노 로봇은 나노미터 크기의 로봇을 말하며, 혈관 속을 떠다니며 질병을 치료하는 데 이용할 수 있다.

## 찾아보기

## ㅅ



## ㅇ

ㅈ



# 사진 출처와 참고 문헌

각 론

## Ⅰ 전기와 자기

### ■ 사진 자료

● 셔터스톡

55쪽(프랭클린의 연 실험), 75쪽(여러 가지 발전), 82쪽(마그네틱 카드), 94쪽(풍력 발전)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 파인만의 여섯 가지 물리 이야기, 리처드 파인만, 승산

○ 뉴턴의 물리 노트, 김기정, 녹색 지팡이

○ 물리가 날 미치게 해, 크리스토퍼 야르고즈키 외 1저, 한승

○ 핵심 개념으로 꽉 잡는 중학 물리, 손영운, 글담 출판사

○ Macmillan McGraw-Hill Science 4(2005), Lucy H. Daniel 외 저, Macmillan McGraw-Hill

○ HARCOURT Science(2005), Marjorie S. Frank 외 저, Harcourt School Publishers

○ 한 번만 읽으면 확 잡히는 중학교 과학, 강선남, 한언

○ 사이언스올 http://www.scienceall.com

○ 한국 전력 공사 http://www.kepco.co.kr


### ■ 참고 사이트

◆ 에너지 관리 공단 http://www.kemco.or.kr

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 국립 과천 과학관 http://www.sciencecenter.go.kr

## Ⅱ 화학 반응에서의 규칙성

### ■ 사진 자료

● 셔터스톡

112쪽(아이스크림의 융해, 끓는 물, 염전), 123쪽(바이오 연료)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 화학 반응의 기초(1997), 후지다니 마사가즈 저, 대광 서림

○ 알고 보면 쉬운 화학 반응식(2002), 요네야마 마사노부 저, 이지북

○ 학생을 위한 화학과 화학자 이야기(2007), 강건일, 참 · 과학

○ Chemistry(2012), John E. McMurry 외 2저, Pearson Prentice Hall

○ Science Explorer Chemical Interaction(2007), David V. Frank, Ph. D. 외 2저, Pearson Prentice Hall

○ Science Explorer Physical Science(2005), David V. Frank, Ph. D. 외 6저, Pearson Prentice Hall

○ Chemistry(2005), Antony C. Wilbraham 외 3저, Pearson Prentice Hall


### ■ 참고 사이트

◆ 사이언스올 http://www.scienceall.com

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 국립 중앙 과학관 http://www.science.go.kr

◆ 서울특별시 과학 전시관 http://www.ssp.re.kr

◆ 문화재 보존 과학 센터 http://www.conservation.go.kr

◆ 국립 문화재 연구소 http://www.nrich.go.kr

## Ⅲ 태양계

### ■ 사진 자료

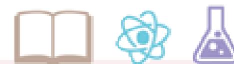
● 157쪽 지오이드 유럽 우주국

● 181쪽 운석 http://www.meteorites.com.au

● 197쪽 나로 우주 센터 나로 우주 센터

● NASA

169쪽(달표면의 크레이터), 170쪽(달), 171쪽(달의 뒷면), 174쪽(금성의 일면 통과 현상), 177쪽(코로나 구멍), 179쪽(자기 폭풍), 182쪽(금성의 표면), 183쪽(포보스, 데이모스),



184쪽(목성의 고리, 토성의 고리), 185쪽(천왕성과 그 위성, 해왕성과 대흑점), 186쪽(혜성의 충돌 위치, 혜성이 충돌한 흔적), 187쪽(금성의 표면), 188쪽(세레스, 소행성, 카시니-하위헌스호), 189쪽(케플러 망원경 사진), 191쪽(허블 우주 망원경, 케플러 우주 망원경, 찬드라 X선 망원경), 198쪽(홍염, 플레어), 204쪽(소행성), 205쪽(허블 우주 망원경)

- 셔터스톡
  174쪽(개기 월식 때의 달, 178쪽(전리층), 184쪽(지구의 대기층), 201쪽(전파 망원경), 204쪽(혜성, 유성), 205쪽(전파 망원경, 켁 망원경)

## ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 외 2역, 시그마프레스

○ 천문학 및 천체 물리학 서론(1998), M. Zelik & Gregory 저, Saunders college Publishing

○ 천체 관측(2009), 김희수 저, 시그마프레스

○ 태양계의 모든 것(2010), 뉴턴프레스 저, (주)뉴턴코리아

○ 코페르니쿠스가 들려주는 지동설 이야기(2008), 곽영직 저, 자음과 모음

○ 갈릴레오의 두 우주 체계에 관한 대화(태양계의 그림을 새로 그리다)(2009), 오철우 저, 사계절

○ 푸른 행성(지구 환경 과학 개론)(2000), 스키너 포터 저, 김동주 역, 시그마프레스

○ The Earth System(2009), Lee R. Kump 외 저, Prentice Hall

○ 행성 지구학(2009), 김규환 저, 시그마프레스


## ■ 참고 사이트

◆ 한국천문연구원 http://www.kasi.re.kr

◆ 한국항공우주연구원 http://www.kari.re.kr

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 보현산천문대 http://boao.kasi.re.kr

◆ 미국 항공 우주국 http://www.nasa.gov

◆ 허블 사이트 http://hubblesite.org

# Ⅳ 생식과 발생

## ■ 사진 자료

- 242쪽 하트웰
  http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2001/hartwell.html

- 셔터스톡
  224쪽(히드라), 226쪽(수선화의 알뿌리), 227쪽(코모도왕도마뱀, 귀상어, 끈적긴뿌리버섯)

- 유로크레온
  227쪽(배나무 접붙이기)

- 이미지클릭
  221쪽(중기에 관찰되는 염색체), 223쪽(바소체), 226쪽(짚신벌레의 접합)

- 토픽이미지
  246쪽(간기, 전기, 중기)

## ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스

○ 필수 세포 생물학(2000), Alberts 저, 박상대 역, 교보문고

○ 발생 생물학 9판(2011), Scott F. Gilbert 저, 강해묵 역, 라이프사이언스

○ 생명의 이해(2011), George B. Johnson 저, 김옥용 외 2역, 교보문고

○ 생명-생물의 과학 9판(2012), David Sadava 외 3저, 강해묵 외 10역, 라이프사이언스

○ 헤르트비히가 들려주는 성과 사랑 이야기(2011), 이흥우 저, 자음과 모음

○ 생명 과학 길라잡이(2004), LEWIS 저, 강성만 역, 라이프사이언스

# 사진 출처와 참고 문헌

○ 그림으로 보는 거의 모든 것의 역사(2009), 빌 브라이슨 저, 이덕환 역, 까치

○ 실험 탐구 수업을 이용한 감수 분열 과정의 이해(2007), 김희수 외 3저

### ■ 참고 사이트

◆ 과학 향기 http://scent.ndsl.kr

◆ http://microworld.egloos.com/7507650

## Ⅴ 여러 가지 화학 반응

### ■ 사진 자료

● 242쪽  용액의 액성에 따른 지시약의 색깔  포토사이언스 화학 도록(평성20년)  교연 출판 주식회사

● 295쪽  고리자루 칼  국립 중앙 박물관

● 295쪽  비파형 청동검  국립 경주 박물관

● 토픽이미지
278쪽(부식된 세종대왕 동상, 파티네이션된 세종대왕 동상)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료

○ 세상에서 가장 재미있는 화학(2008), 크레이그 크리들, 궁리

○ 생명의 화학 삶의 화학(2009), 김희준, 자유 아카데미

○ 학생을 위한 화학과 화학자 이야기(2007), 강건일, 참 · 과학

○ Chemistry(2012), John E. McMurry 외 1저, Pearson Prentice Hall

○ Science Explorer Chemical Interaction(2007), David V. Frank, Ph. D. 외 2저, Pearson Prentice Hall

### ■ 참고 사이트

◆ 한국 교육 학술 정보원 http://www.keris.or.kr

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

## Ⅵ 유전과 진화

### ■ 사진 자료

● 313쪽  헌팅턴 무도병의 가계도 조사
생명 과학-이론과 응용 6판(2007), Cecie Starr 저, 홍영남 역, 라이프사이언스

● 셔터스톡
301쪽(열매를 맺은 완두), 335쪽(거북, 타조), 337쪽(치즈), 340쪽(기린)

● 유로크레온
334쪽(푸른곰팡이)

● 이미지클릭
321쪽(에티아카라 동물군 상상도), 337쪽(메주)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료

○ 필수 유전학(2007), DANIEL L. HARTL, Elizabeth W. Jones 저, 김남우 외 2역, 월드사이언스

○ ESSENTIALS OF 유전학(2005), Klug 저, 황혜진 역, 월드사이언스

○ 멘델이 들려주는 유전 이야기(2010), 황신영 저, 자음과 모음

○ 멘델(2007), 비체슬라프 오렐 저, 한국 유전학회 역, 전파과학사

○ 멘델(우리는 왜 부모를 닮았을까, 북 오디세이 7)(2004), 루카 노벨리 저, 김효정 역, 주니어 김영사

○ 선생님도 모르는 과학자 이야기(2004), 사마키 타케오 저, 윤명현 역, 글담

○ 유전학의 이해(개념과 원리)(2009), Benjamis A. Pierce 저, 전상학 외 2역, 라이프사이언스

○ 진화학(2008), Douglas 저, 박영철, 서경인 역, 라이프사이언스

○ 진화란 무엇인가(2008), 에른스트 마이어 저, 임지원 역, 사이언스북스

○ 식물 분류학(계통학적 접근)(2010), 박기룡 외 4저, 신일 북스

○ 분류학 개론(2012), 김재근 저, 라이프사이언스

### ■ 참고 사이트

◆ 과학 향기 http://scent.ndsl.kr



## Ⅶ 외권과 우주 개발

### ■ 사진 자료

- 398쪽　나로 우주 센터　나로 우주 센터
- NASA
  373쪽(목걸이 성운), 375쪽(퀘이사), 376쪽(처녀자리 은하단, 우주 거대 구조), 381쪽(COBE 위성 관측, WMAP 위성 관측), 383쪽(미국 항공 우주국), 385쪽(딥 임팩트호, 로제타호), 387쪽(ALMA 전파 망원경), 398쪽(초신성), 403쪽(달 발자국, ISS)
- 셔터스톡
  366쪽(오리온자리)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 기본 천문학(2008), Hannu Karttunen 저, 강혜성 외 2역, 시그마프레스

○ 천문학 및 천체 물리학 서론(1998), M. Zelik & Gregory 저, Saunders college Publishing

○ 천체 관측(2009), 김희수 저, 시그마프레스

○ 과학 교사를 위한 현대 천문학 강좌(2004), 김봉규 외 2저, 동양 문화사

○ 별자리와 우주(2008), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아

○ 우주로의 여행2(1998), 윤홍식 저, 청범 출판사

○ 체험 우주 정거장(미래의 우주 과학자들이 반드시 읽어야 할 책)(2007), 매리앤 디슨 저, 하정임 역, 다른

○ The Earth System(2009), Lee R. Kump 외 저, Prentice Hall


### ■ 참고 사이트

- ◆ 한국천문연구원　http://www.kasi.re.kr
- ◆ 한국항공우주연구원　http://www.kari.re.kr
- ◆ 한국 과학 창의 재단　http://www.kofac.re.kr
- ◆ 미국 항공 우주국　http://www.nasa.gov
- ◆ 허블 사이트　http://hubblesite.org

## Ⅷ 과학과 인류 문명

### ■ 사진 자료

- 440쪽　스티키봇　내셔널 지오그래픽(한글판)
- 셔터스톡
  418쪽(현미경으로 식물의 잎을 관찰하고 있는 이스라엘 학생들), 419쪽(산업용 로봇), 421쪽(백남준의 비디오 아트 '다다익선'), 426쪽(미래 생활 상상도), 427쪽(우라늄을 흡수하는 해바라기), 438쪽(LCD 텔레비전), 440쪽(발광 다이오드), 441쪽(나노 로봇)
- 이미지클릭
  420쪽(메디컬 일러스트레이션)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 김수병의 첨단 과학 오디세이(2003), 김수병 저, 해나무

○ 과학사 100장면(2011), 김태관 외 1저, 문평윤 그림, 대원키즈

○ 세계사를 바꾼 위대한 발명들(2010), 헬레인 베커 저, 하정임 역, 다른

○ 통합 과학의 이해와 실제(2012), Victor J. Mayer 외 4저, 자유 아카데미

○ 통합 과학 교육(2007), 강호감 외 5저, 한국 학술 정보

○ 과학이 발전하면 더 행복해질까(2006), 에티엔 클렝 저, 지선경 역, 민음in

○ 청소년을 위한 알기 쉬운 과학 기술 미래 비전(교육 과학 기술부 · 한국 과학 창의 재단, 2010)


### ■ 참고 사이트

- ◆ 전자 통신 연구원　http://dcon.etri.re.kr/
- ◆ 한국 방송 공사 과학 카페
  http://www.kbs.co.kr/1tv/sisa/science
- ◆ 교육과학기술부　http://www.mest.go.kr
- ◆ 한국 과학 창의 재단　http://www.kofac.re.kr